

Trabajo Final de Máster

Máster en Ingeniería Industrial

Diseño de una célula vivienda para pick up

MEMORIA

Autor: Daniel Barjola Martínez
Director: Dr. Emilio Angulo Navarro
Ponente:
Convocatoria: Octubre 2018



Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Industrial de Barcelona



Resumen

Este proyecto trata los aspectos fundamentales de diseño de una célula vivienda móvil ligera destinada a un vehículo 4x4 del tipo pick up.

En primer lugar, se ha realizado un breve repaso a la situación actual de vehículos 4x4 “camperizables”. Se han comentado las diferentes opciones que ofrece el mercado, así como la normativa vigente aplicable sobre estos vehículos. Posteriormente el estudio se ha centrado en las células vivienda móviles ligeras destinadas a pick ups.

La fase de diseño ha empezado recopilando las dimensiones de las zonas de carga de las pick ups más vendidas en la actualidad. A partir de estas dimensiones se han definido unas dimensiones críticas con el fin de diseñar una estructura genérica compatible con el mayor número de vehículos.

En segundo lugar, se han definido tanto los materiales de fabricación como los acabados. Para ello se han tenido en cuenta las condiciones de uso a las cuales va a estar expuesta la célula. Seguidamente se ha definido y diseñado el equipamiento a instalar en la célula. Una vez definido el equipamiento se ha realizado un pequeño esquema sobre la instalación eléctrica, de gas y de agua de la célula.

En tercer lugar, se ha realizado un nuevo sistema de acople entre la célula vivienda y la base mecánica. Para el desarrollo de este sistema se ha analizado de manera conjunta las particularidades de los vehículos pick up y las restricciones que conlleva una célula vivienda de estas características.

Finalmente se ha realizado un estudio de validez del diseño utilizando un software basado en elementos finitos para comprobar la rigidez y resistencia de la estructura. Para ello se han simulado dos situaciones. Por un lado, se ha realizado un análisis simulando una frenada brusca del conjunto pick up y célula. Mientras que, por otro lado, se ha realizado un estudio sobre un hipotético caso de vuelco de la célula.

Los resultados obtenidos en ambas simulaciones han sido fundamentales en la fase de rediseño para ir mejorando las características de la estructura.

Por último, se ha realizado un estudio económico referente al coste del proyecto. De la misma manera, se ha hecho un estudio ambiental.

ÍNDICE

RESUMEN	3
ÍNDICE	4
1. INTRODUCCIÓN	8
1.1. Objeto del proyecto.....	8
1.2. Alcance del proyecto.....	9
2. PREFACIO	10
2.1. Origen del proyecto.....	10
2.2. Motivación.....	10
3. ESTADO DEL ARTE DE LAS VIVIENDAS SOBRE RUEDAS	11
3.1. Tipos de vivienda sobre ruedas.....	11
3.1.1. Autocaravanas 4X4.....	12
3.1.2. Pick up + célula ligera.....	13
3.1.3. Vehículo comercial.....	16
3.1.4. Camiones ligeros 4x4.....	17
3.2. Marcas y fabricantes.....	18
3.3. Sistemas de fabricación y materiales.....	21
3.3.1. Estructura metálica.....	22
3.3.2. Estructura de madera.....	23
3.3.3. Estructura de fibra de vidrio.....	24
3.4. Sistemas de anclaje célula-pick up.....	25
3.5. Normativa aplicable.....	29
4. DISEÑO DE LA CÉLULA	31
4.1. Especificaciones iniciales.....	31
4.2. Consideraciones previas al diseño.....	32
4.2.1. Dimensiones pick ups actualidad.....	33
4.2.2. Lay-out.....	36
4.3. Diseño de la geometría.....	38
4.3.1. Materiales.....	38
4.3.2. Acabados.....	44
4.4. Diseño elementos interiores.....	48
4.4.1. Equipamiento.....	48
4.4.2. Distribución de masas.....	50
4.5. Diseño sistema de acople/desacople célula-pickup.....	51
4.5.1. Concepto.....	51

4.5.2.	Gatos de posicionamiento.....	52
4.5.3.	Sistema de anclaje célula-pick up	54
5.	DISEÑO DE INSTALACIONES	59
5.1.	Instalación eléctrica	59
5.1.1.	Consumo de los elementos.....	59
5.1.2.	Normativa reglamentaria.....	59
5.1.3.	Esquema.....	60
5.2.	Instalación de gas.....	61
5.2.1.	Consumo de los elementos.....	61
5.2.2.	Normativa reglamentaria.....	61
5.3.	Instalación de agua	62
5.3.1.	Esquema.....	62
6.	PROCESO DE DISEÑO Y MODELADO	64
6.1.	Proceso de diseño.....	64
6.2.	Software CAD.....	65
6.3.	Modelado 3D	65
7.	ESTUDIO DE LA RIGIDEZ Y LA RESISTENCIA	66
7.1.	Descripción de las simulaciones	66
7.1.1.	Frenada brusca.....	66
7.1.2.	Vuelco.....	69
7.2.	Elementos finitos	70
7.2.1.	Ventajas e inconvenientes	70
7.2.2.	Software ANSYS WORKBENCH 14.5	71
7.3.	Simulación de frenada.....	72
7.3.1.	Análisis de resultados	73
7.4.	Simulación de vuelco	77
7.4.1.	Análisis de resultados	77
7.5.	Posibles mejoras a realizar en el diseño	80
8.	PRESUPUESTO	81
8.1.	Coste de los recursos humanos.....	81
8.2.	Coste de los recursos materiales	82
8.3.	Coste global del proyecto.....	83
9.	PLANIFICACIÓN DEL TRABAJO	84
10.	IMPACTO AMBIENTAL	86
	CONCLUSIONES	87

AGRADECIMIENTOS	89
BIBLIOGRAFÍA	90
Referencias bibliográficas	90
Bibliografía complementaria	90
11. ANEXO A: PLANOS	91
11.1. Plano estructura (sin cotas)	91
11.2. Plano célula + pick up (sin cotas)	92
12. ANEXO B: GATOS DE POSICIONAMIENTO	93
12.1. Dimensiones	93
12.2. Datos técnicos	93
13. ANEXO C: CILINDROS ELÉCTRICOS	94
13.1. Dimensiones	94
13.2. Datos técnicos	94

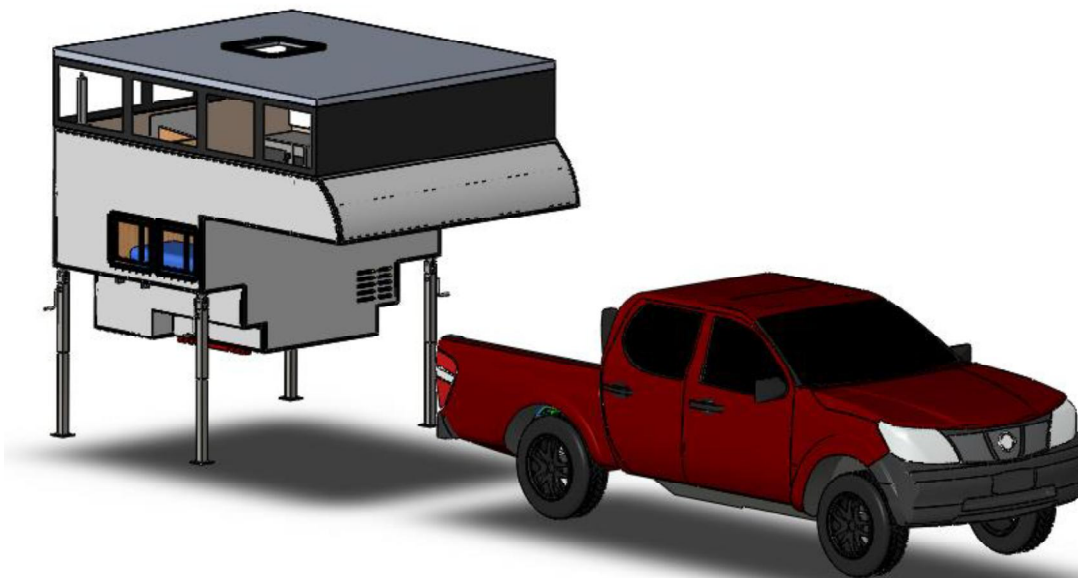
1. Introducción

1.1. Objeto del proyecto

El objetivo de este proyecto es diseñar una alternativa económica y versátil para los usuarios que quieran disfrutar de las ventajas de un vehículo *camper* de forma esporádica sin tener que transformar su actual vehículo.

Para ello se ha diseñado una estructura móvil que cumple con los siguientes requisitos:

- Estructura ligera, resistente y compatible con el mayor número de pick ups del mercado.
- Habitáculo compacto con todo tipo de equipamiento.
- Estructura estable tanto en situación de circulación como en situación de acampada.
- Diseño en concordancia con las normativas aplicables.



1.2. Alcance del proyecto

El alcance del proyecto se centra en el diseño teórico de una célula vivienda móvil destinada a ser instalada en un vehículo del tipo pick up. Se entiende por pick up un vehículo del tipo camioneta, empleado generalmente para el transporte de mercancías. En la parte trasera se dispone de una zona de carga descubierta.

En la primera parte del proyecto se tratan las diferentes posibilidades que abarca el mercado de vehículos *camper*. Para ello se analiza a modo comparativo diferentes aspectos de los vehículos más comunes, sin profundizar en aspectos técnicos de cada vehículo.

Las dimensiones de la estructura se han definido analizando 8 de las pick ups comercializadas en la actualidad. No se han analizado vehículos con una antigüedad superior a 3 años.

Respecto a la selección de los materiales, se han analizado las diferentes opciones contempladas por fabricantes del sector. Posteriormente se ha verificado la validez de algunos materiales mediante la realización de análisis con elementos finitos.

Se ha realizado un diseño conceptual de todos los elementos que equipan la célula vivienda. Todos los muebles y electrodomésticos han sido diseñados al 95% sin entrar en detalles como pueden ser, las guías de los muebles, tornillería, cables y demás. No se han realizado planos 2D de los diferentes elementos ni estructura.

Analizando los diferentes sistemas de acople y desacople de la célula a la base mecánica, se ha creado un nuevo sistema a modo de alternativa al sistema existente. De dicho sistema, se explica su funcionamiento, sus ventajas y sus restricciones. No se entra en detalle de posibles normativas aplicables a este nuevo sistema.

Para tener una idea general de la conexión de todos los elementos de la célula se ha realizado el diseño de la instalación eléctrica y de agua. Estos esquemas están sujetos a posibles modificaciones ya que no se definen ciertos aspectos como puede ser, la sección de los cables, las características técnicas de algunos de sus elementos, etc.

Finalmente, se ha verificado el diseño mediante la simulación de dos situaciones de funcionamiento desfavorables. Ambos estudios se han realizado con la intención de verificar el diseño en aspectos de resistencia y rigidez.

Por último, en este trabajo no se ha entrado en el caso práctico de la fabricación de la célula diseñada.

2. Prefacio

2.1. Origen del proyecto

Hoy en día, la gente utiliza cualquier tipo de vehículo para condicionarlo con el fin de poder acampar en cualquier lugar. De ahí nace el movimiento *camper*, de la libertad que te ofrece una vivienda sobre ruedas para aventurarse en cualquier territorio sin echar en falta nada.

Este movimiento nace sobre 1951 cuando el fabricante Westfalia lanza al mercado una preparación de la furgoneta Type 2 de Volkswagen en la cual incorpora cajas desplegadas que daban lugar a camas, sofás y mesas, entre otros, haciendo más habitable la furgoneta.

En la actualidad, cada día son más los fabricantes que ofrecen vehículos preparados con todo tipo de equipamiento estrechando las similitudes con las autocaravanas.

2.2. Motivación

Desde el punto de vista personal, este trabajo viene motivado por la posibilidad de poder ayudar a amigos y familiares en el proceso de transformación de sus vehículos.

Desde el punto de vista empresarial, se considera que lanzar al mercado un producto de estas características puede tener una gran aceptación no solo para los usuarios que piensen en tener un vehículo versátil para disfrutar de la aventura sino también para:

- Empresas de alquiler de vehículos de *caravaning*. Permite tanto a empresas de alquiler de vehículos comerciales como a empresas de alquiler de autocaravanas poder diversificar su negocio.

3. ESTADO DEL ARTE DE LAS VIVIENDAS SOBRE RUEDAS

3.1. Tipos de vivienda sobre ruedas

Hoy en día la mayor parte de viviendas sobre ruedas se denominan vehículos *camper*. Este término hace referencia a un vehículo, que ya sea por profesionales o bien de forma totalmente artesanal, ha sido transformado en vivienda.

El abanico de vehículos *camper* es muy extenso, por lo tanto, es necesario centrar su elección en función del tipo de uso que se le quiera dar. Algunos de los puntos a considerar antes de elegir un vehículo *camper* son los siguientes.

- **PRESUPUESTO.** En función del poder adquisitivo de cada usuario, el tipo de vivienda *camper* puede variar de forma significativa. En muchos casos se puede optar por buscar alternativas en el mercado de ocasión.
- **USO.** La frecuencia y/o duración de los viajes determinará las especificaciones técnicas del vehículo. Si se va a destinar a realizar un uso exclusivamente por carreteras y caminos convencionales el tipo de vehículo tendrá unas características muy distintas a si su uso está más enfocado a un entorno de pistas de arena y tierra.
- **EQUIPAMIENTO.** Si el uso del vehículo *camper* se va a reducir a las vacaciones, la inversión en equipamiento debe de ser menor que si se va a realizar un uso más exhaustivo. En este caso, cuanto más tiempo se quiera estar en el vehículo, más cómodo se querrá estar, por lo tanto, la inversión en equipamiento será mayor.
- **OCUPACIÓN.** El número de ocupantes del vehículo condiciona directamente las dimensiones del mismo. Es muy importante tener claro si se va a viajar solo, con pareja, con familia o con amigos. Hay que tener en cuenta que pese a la ambigüedad que supone un vehículo vivienda, el número de ocupantes lo determina el número de cinturones de seguridad que dispone el vehículo.

Analizados los diferentes puntos y dada la libertad que ofrece un vehículo 4x4 a la hora de adentrarse en la naturaleza, a continuación, se presentan diferentes opciones de vehículos camperizados destinados a un uso Off-Road.

3.1.1. Autocaravanas 4X4

Actualmente existen pocas autocaravanas adaptadas para un uso fuera de las carreteras convencionales. Pese a esto, se pueden encontrar algunas empresas alemanas que disponen de estos vehículos en sus catálogos.

Las autocaravanas 4x4 son vehículos vivienda integrales que han sido adaptados sobre chasis de vehículos con capacidades Off-Road.

Algunas de las características más destacadas son las siguientes.

- **MERCADO.** Muy limitado (empresas alemanas como Blocket, Bimobil o Hymer).
- **TIPO DE VEHÍCULO.** Vehículo-vivienda integral
- **NORMATIVA.** Sujetas a una normativa exigente.
- **DIMENSIONES.** Gran capacidad y volumen.
- **CAPACIDADES.** Capacidades Off-Road limitadas por sus dimensiones.
- **PRECIO.** A partir de 80.000 € en adelante.



Figura 1. Autocaravana 4x4 HYMER INTEGRAL ML-I 580 4X4 (Fuente: www.hymer.com)

3.1.2. Pick up + célula ligera

Esta opción se compone de un vehículo 4x4 versión pick up independiente y un módulo o célula vivienda ligera. Gracias a la zona de carga del pick up se puede acoplar y desacoplar el módulo vivienda, haciendo así que se disponga de un vehículo muy versátil y ligero.

Por cuestiones de precio, versatilidad y opciones de carrocería, las pick up representan la opción más generosa dado que se puede elegir entre células ligeras fijas y células ligeras móviles.

Célula fija

Las células viviendas fijas se diferencian de las móviles principalmente por estar acopladas de forma permanente a la base mecánica.

Para ello, es necesario realizar una modificación en la estructura del pick up, manteniendo únicamente la zona habitable del vehículo.



Figura 2. Chasis Nissan NP300 2018 (Fuente www.autoasesor.com)

En la zona de carga se instala una estructura metálica de forma permanente y encima se acopla el módulo habitable.

El resultado es el siguiente.



Figura 3. Célula vivienda fija (Fuente: www.drivesouthafrica.co.za)

Respecto a las características más destacables de este tipo de células:

- **MERCADO.** Mercado reducido, existen pocas empresas especializadas.
- **TIPO DE VEHÍCULO.** Vehículo vivienda integral compacto (habitabilidad reducida).
- **NORMATIVA.** Requieren de homologaciones.
- **DIMENSIONES.** Este tipo de células se diseñan a medida (personalizables).
- **MASA.** 500 Kg aproximadamente (solo la célula vivienda).
- **CAPACIDADES.** Disponen de tracción integral (libertad Off-Road).
- **PRECIO.** 30.000 € - 45.000 € + base mecánica.

Célula móvil

Este tipo de células se acoplan en la zona de carga del propio pick up. Son adaptables tanto a pick up de cabina simple como a pick ups de cabina doble.



Figura 4. Célula vivienda móvil (Fuente: www.earthcruiser.com)

Respecto a las características más destacables de este tipo de células:

- **MERCADO.** Mercado reducido, existen pocas empresas especializadas.
- **TIPO DE VEHÍCULO.** Vehículo vivienda modular versátil.
- **NORMATIVA.** No disponen de normativa. El módulo vivienda es tratado como carga. La zona de carga está sujeta dos posibles situaciones. Cuando la base mecánica se encuentra en movimiento, el interior de la célula no puede ser habitable, mientras que únicamente se puede habitar el módulo en situación de paro o acampada.
- **DIMENSIONES.** Este tipo de células se diseñan a medida (personalizables).
- **MASA.** 200 - 500 Kg aproximadamente (solo la célula vivienda).
- **CAPACIDADES.** Disponen de tracción integral (libertad Off-Road).
- **PRECIO.** 10.000 € - 30.000 € + base mecánica.

3.1.3. Vehículo comercial

Los vehículos comerciales cerrados o furgonetas adaptadas también son una opción interesante si se quiere tener un rango de movilidad aceptable.

En este segmento, el acondicionamiento interior corre a cargo de preparadores independientes.



Figura 5. Vehículo comercial camper (Fuente: www.auto.deautos.com)

Respecto a las características más destacables de estos vehículos tenemos.

- **MERCADO.** Amplio mercado de segunda mano de este tipo de vehículos (facilidad servicio post venta).
- **TIPO DE VEHÍCULO.** Vehículo vivienda integral.
- **NORMATIVA.** Requieren de homologaciones.
- **DIMENSIONES.** Comparables a una autocaravana.
- **MASA.** 2.000 – 3.500 Kg aproximadamente (vehículo + camperización).
- **CAPACIDADES.** Tracción integral según modelos.
- **PRECIO.** 40.000 € - 70.000 € (considerando base mecánica).

3.1.4. Camiones ligeros 4x4

Suele ser la opción más radical respecto a movilidad y robustez. Este tipo de vehículos están preparados para uso intensivo Off-Road. Las bases mecánicas acostumbran a ser robustas y bien armadas.



Figura 6. Iveco Daily 4x4 55S17W (Fuente: www.clients.procloud.com.au)

Respecto a las características más destacables de estos vehículos tenemos.

- **MERCADO.** Aquí encontramos algunos modelos como son, Iveco Daily 4x4 55S17W, Nissan Cabstar, Mitsubishi Canter, Fuso, Renault TRM, etc.
- **TIPO DE VEHÍCULO.** Vehículo vivienda integral.
- **NORMATIVA.** Sujetos a una normativa exigente.
- **DIMENSIONES.** Grandes dimensiones
- **MASA.** 5.000 – 7.500 Kg aproximadamente (vehículo + camperización).
- **CAPACIDADES.** Aptitudes Off-Road excelentes.
- **PRECIO.** Más de 100.000 €.

3.2. Marcas y fabricantes

Teniendo en cuenta la clasificación comentada en el apartado 3.1, en este trabajo se presta especial atención al tipo de vivienda sobre ruedas del estilo pick up + célula ligera.

En España este tipo de células no son muy comunes por lo que la mayoría de fabricantes pertenecen a otros países como son Alemania, Francia o Italia.

A continuación, se detallan algunos de los fabricantes más conocidos.


ALEMANIA

MARCA	INFORMACIÓN
	Empresa alemana fundada en 1977. Actualmente el 50% de la producción de autocaravanas se centra en la transformación de pick ups.
	Fabricante alemán de células móviles para pick ups. Actualmente fabrica células adaptables a todos los modelos de pick up.
	Empresa alemana dedicada a la camperización de cualquier tipo de vehículo, ya sean pick ups, autocaravanas, camiones de expedición etc.

FRANCIA

MARCA	INFORMACIÓN
	Especialistas en la construcción de todo tipo de células para pick up. Células personalizadas para cada pick up.
	Fabricante francés con más de 20 años de experiencia en la fabricación de células móviles ligeras para pick up.
	Empresa francesa dedicada a la fabricación de células vivienda móviles versátiles (compatibles con el mayor número de pick ups posibles).

ESPAÑA

MARCA	INFORMACIÓN
	<p>Empresa situada en Sevilla dedicada al mundo <i>camper</i>. Se caracterizan principalmente por el diseño y la fabricación de células vivienda con las mejores capacidades Off-Road, ligeras y resistentes.</p>

Las características a destacar de las células de este fabricante son las siguientes.

- **DIMENSIONES:** Acostumbran a ser células de dimensiones compactas, pese a que se pueden fabricar con dimensiones específicas.
- **ESTRUCTURA:** No tiene. Los paneles son autoportantes y se ensamblan para conseguir la configuración deseada. Utilizan paneles ligeros sándwich con núcleo aislante de poliuretano de alta densidad de unos 25mm de espesor aproximadamente.
- **MASA:** Entre 300 - 500 Kg aproximadamente (solo la célula, según equipamiento).
- **NORMATIVA:** No requerida. Consideradas como carga (utilizan paneles v20).
- **PRECIOS:** 15.000 € - 30.000 € + pick up.



Figura 7. Célula vivienda Kubic (Fuente: www.uro-camper.com)

MARCA	INFORMACIÓN
Truck Camper Europe	Fabricante malagueño dedicado exclusivamente a la fabricación de células vivienda móviles para pick ups. Se caracterizan por ofrecer un amplio abanico de posibilidades a la hora de equipar la célula.

Las características a destacar de las células de este fabricante son las siguientes.

- **DIMENSIONES:** Células viviendas de dimensiones generosas y con techo extensible. Acostumbran a aprovechar los límites de dimensiones que permite la normativa aplicable.
- **ESTRUCTURA:** Todas sus células utilizan estructura tubular de aluminio de 30x30mm con chapa de aluminio de 1mm + aislantes.
- **MASA:** Entre 240 - 500 Kg aproximadamente (solo la célula, según equipamiento).
- **NORMATIVA:** No requerida. Consideradas como carga (utilizan paneles v20).
- **PRECIOS:** 5.000 € - 18.000 € + pick up.



Figura 8. Célula Adventure (Fuente: www.sites.google.com/site/truckcampereurope)

3.3. Sistemas de fabricación y materiales

Como se ha podido observar en el apartado 3.2, cada fabricante utiliza su propio sistema de fabricación.

Una célula vivienda debe de garantizar unas determinadas solicitaciones transmitidas directamente desde la base mecánica, es decir, del pick up. Por ello, es muy importante que los materiales empleados en la fabricación doten de una gran resistencia y rigidez a la estructura.



Figura 9. Construcción de la célula Lance (Fuente: www.lancecamper.com)

Al tratarse de un sector poco desarrollado se pueden encontrar fabricantes que utilizan materiales muy variados.

- Estructura metálica: Truck Camper Europe, Lance Camper, etc.
- Estructura de madera: Heathen Eagle, BundutecUSA, etc.
- Estructura de fibra de vidrio: Tischer, Alaskan Camper, etc.

A continuación, se detallan algunos de los sistemas de fabricación más comunes en la fabricación de células vivienda ligeras de tipo móvil.

3.3.1. Estructura metálica

La estructura metálica es el tipo de fabricación más utilizado por los fabricantes.

- **ESTRUCTURA:** Jaula tubular de aluminio de 30x30mm con uniones soldadas.



Figura 10. Estructura metálica (Fuente: www.youtube.com)

- **ASLANTES:** Contrachapado con aislamiento de poliuretano de alta densidad.



Figura 11. Recubrimiento con contrachapado (Fuente: www.youtube.com)

- **ACABADO EXTERIOR:** Lámina de aluminio de 1mm de espesor.



Figura 12. Acabado exterior con lámina de aluminio (Fuente: www.youtube.com)

3.3.2. Estructura de madera

Este sistema de fabricación es poco habitual pese a que por EEUU suele ser muy común el uso de la madera para este tipo de realizaciones.

- **ESTRUCTURA:** Tablas de madera de pino de 1x4".



Figura 13. Estructura de madera (Fuente: www.youtube.com)

- **ASLANTES:** Madera contrachapada ligera de grado marino de múltiples capas.



Figura 14. Recubrimiento de la estructura con aislante (Fuente: www.youtube.com)

- **ACABADO EXTERIOR:** Lámina de aluminio de 1mm de espesor



Figura 15. Acabado exterior con lámina de aluminio (Fuente: www.youtube.com)

3.3.3. Estructura de fibra de vidrio

Sistema de fabricación utilizado en embarcaciones. Como característica a destacar, estas células son un 25% más ligeras que las fabricadas mediante aluminio o madera.

- **ESTRUCTURA:** La estructura se compone de dos partes a ensamblar.



Figura 16. Ensamblaje de la célula (Fuente: www.northern-lite.com)

- **ASLANTES:** Paneles sándwich.



Figura 17. Paneles sándwich (Fuente: www.youtube.com)

- **ACABADO EXTERIOR:** Pintura.



Figura 18. Acabado final (Fuente: www.northern-lite.com).

3.4. Sistemas de anclaje célula-pick up

Uno de los puntos más importantes de una célula vivienda es el sistema de anclaje entre la vivienda y la base mecánica. En función del tipo de anclaje a utilizar la normativa aplicable al vehículo puede cambiar, es por eso que es muy importante tratar con especial atención este apartado.

El concepto es el siguiente, se dispone de una pick up y una célula vivienda. Ambas se tienen que unir de forma que se trate el conjunto como un único vehículo. Como particularidad de las células viviendas móviles, este tipo de células deben de garantizar el acople y desacople del pick up con la máxima simplicidad posible. Es por ello que las modificaciones tanto en la base mecánica como en la célula deben de ser mínimas para no tener problemas con la normativa.



Figura 19. Esquema célula-pick up (Fuente: www.torklift.com)

Antes de entrar en detalle del sistema de fijación entre la célula y la pick up, es importante remarcar la manera en que ambas partes se sitúan para lograr la posición exacta de fijación.

La posición relativa entre la célula y la pick up se consigue mediante el uso de gatos de posicionamiento.



Figura 20. Gato de posicionamiento HAACON (Fuente: www.haacon.com)

Los gatos de posicionamiento son mecanismos de elevación utilizados para apoyar, elevar, y regular la célula vivienda. Se suelen instalar 4 gatos de posicionamiento, distribuidos en cada uno de los extremos de la célula. Están colocados de forma que al introducir el pick up, los gatos de posicionamiento no impacten con los pasos de rueda del vehículo.



Figura 21. Posición de carga de la célula (Fuente: www.pinterest.com)

Una vez el pick up está posicionado justo debajo de la célula, se regulan los gatos de posicionamiento de manera que todo el peso de la célula recaiga sobre la zona de carga del pick up.



Figura 22. Célula vivienda instalada encima del pick up
(Fuente: www.sites.google.com/site/truckcampereurope)

Respecto al sistema de sujeción entre la célula y el pick up, una vez el vehículo está en movimiento, la mayoría de fabricantes suelen utilizar 4 tensores de amarre. Este sistema es una solución económica y que no requiere de un montaje muy sofisticado.



Figura 23. Tensor de amarre (Fuente: www.torklift.com)

Este tipo de fijación consta de un soporte metálico fijado en el chasis del pick up y que sobresale por la parte lateral inferior del vehículo.



Figura 24. Soporte de chasis (Fuente: www.torklift.com)

Por otro lado, en el lado de la célula, se instala otro soporte para los tensores de manera que el resultado es el siguiente.



Figura 25. Sistema de fijación (Fuente: www.alaskancampers.com)

3.5. Normativa aplicable

Respecto a la normativa aplicable a las células viviendas de tipo móvil, son tratadas como carga. Por lo tanto, este tipo de células están exentas de homologaciones siempre y cuando cumplan todas las condiciones detalladas en el reglamento General de Circulación (R.D. 1428/2003) sobre las dimensiones de la carga.

A continuación, se detalla un pequeño extracto de este real decreto.

Capítulo 2. Artículo 15. “Artículo 15. Dimensiones de la carga”

La carga no sobresaldrá de la proyección en planta del vehículo, salvo en los casos y condiciones previstos en los apartados siguientes. En los de tracción animal, se entiende por proyección la del vehículo propiamente dicho prolongada hacia adelante, con su misma anchura, sin sobrepasar la cabeza del animal de tiro más próximo a aquél.

En los vehículos destinados exclusivamente al transporte de mercancías, tratándose de cargas indivisibles y siempre que se cumplan las condiciones establecidas para su estiba y acondicionamiento, podrán sobresalir:

a) En el caso de vigas, postes, tubos u otras cargas de longitud indivisible:

1. En vehículos de longitud superior a cinco metros, dos metros por la parte anterior y tres metros por la posterior.
2. En vehículos de longitud igual o inferior a cinco metros, el tercio de la longitud del vehículo por cada extremo anterior y posterior.

b) En el caso de que la dimensión menor de la carga indivisible sea superior al ancho del vehículo, podrá sobresalir hasta 0,40 metros por cada lateral, siempre que el ancho total no sea superior a 2,55 metros.

En el resto de los vehículos no destinados exclusivamente al transporte de mercancías la carga podrá sobresalir por la parte posterior hasta un 10 por ciento de su longitud, y si fuera indivisible, un 15 por ciento.

En los vehículos de anchura inferior a un metro la carga no deberá sobresalir lateralmente más de 0,50 metros a cada lado de su eje longitudinal. No podrá sobresalir por la extremidad anterior, ni más de 0,25 metros por la posterior.

Cuando la carga sobresalga de la proyección en planta del vehículo, siempre dentro de los límites de los apartados anteriores, se deberán adoptar todas las precauciones convenientes

para evitar daños o peligros a los demás usuarios de la vía pública, y deberá ir resguardada en la extremidad saliente para aminorar los efectos de un roce o choque posibles.

En todo caso, la carga que sobresalga por detrás de los vehículos a que se refieren los apartados 2 y 3 deberá ser señalizada por medio del panel V20 a que se refiere el artículo 173 y cuyas características se establecen en el anexo XI del Reglamento General de Vehículos. Esta señal v20 se deberá colocar en el extremo posterior de la carga de manera que quede constantemente perpendicular al eje del vehículo.

Cuando la carga sobresalga longitudinalmente por toda la anchura de la parte posterior del vehículo, se colocarán transversalmente dos paneles v20 de señalización, cada uno en un extremo de la carga o de la anchura del material que sobresalga. Ambos paneles v20 deberán colocarse de tal manera que formen una geometría de «v» invertida.



Figura 26. Célula vivienda con paneles v20
(Fuente: www.sites.google.com/site/truckcampereurope)

4. DISEÑO DE LA CÉLULA

4.1. Especificaciones iniciales

TIPO	ESPECIFICACIÓN	OBJETIVO	LÍMITE
FABRICACIÓN	Material	Aluminio	-
DIMENSIONES	Longitud inferior	Menos de 1.520mm	Zona de carga pick up más pequeña
	Longitud superior	Menos de 1.520mm + largo cabina	
	Ancho interior	Menos 1.530mm	
	Ancho exterior	Menos de 2.300mm	2.550mm (normativa DGT)
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	Masa	Menos de 400 Kg	500 Kg
	Resistencia a	Golpes Abrasión Productos oleosos Vibraciones Rayos del sol Estanqueidad	Estanqueidad
LAY OUT	Equipamiento	Colchón doble Cocina completa Inodoro Ducha Banqueta Mesa plegable	Colchón doble Mesa plegable

Tabla 1. Especificaciones iniciales de la célula vivienda

4.2. Consideraciones previas al diseño

Para llevar a cabo el proceso de diseño de la célula es importante tener en cuenta diferentes factores. En este trabajo se ha entrado en detalle en los siguientes:

- **COMPATIBILIDAD:** Se pretende que la célula a diseñar sea compatible con el mayor número de pick ups de la actualidad. Es por ello que es de vital importancia conocer en detalle todas las características que presentan los pick ups más modernos.

Actualmente existen multitud de fabricantes que diseñan las células en función del vehículo que dispone el cliente. Esta forma de trabajar conlleva que cada transformación es única y exclusiva, pero en contraposición, los precios de cada célula en muchos casos suelen ser muy elevado.

La idea es crear una célula vivienda genérica compatible con el máximo número de pick ups de forma que pese a que un usuario cambie de base mecánica pueda aprovechar su célula vivienda en su nuevo vehículo. Este concepto también puede favorecer el aumento de actividad en el mercado postventa, ya que actualmente está muy bloqueado.

- **PERSONALIZACIÓN:** La personalización del habitáculo es un factor de vital importancia para los usuarios que desean pasar el mayor tiempo posible dentro de su célula vivienda.

Siempre y cuando se respeten las dimensiones exteriores previamente definidas, es importante realizar un estudio para llegar a la configuración interior que garantice un máximo aprovechamiento del espacio.

La idea es crear una célula vivienda compacta con un equipamiento equiparable al que pueden equipar vehículos *camper* de dimensiones más generosas como pueden ser las autocaravanas.

4.2.1. Dimensiones pick ups actualidad

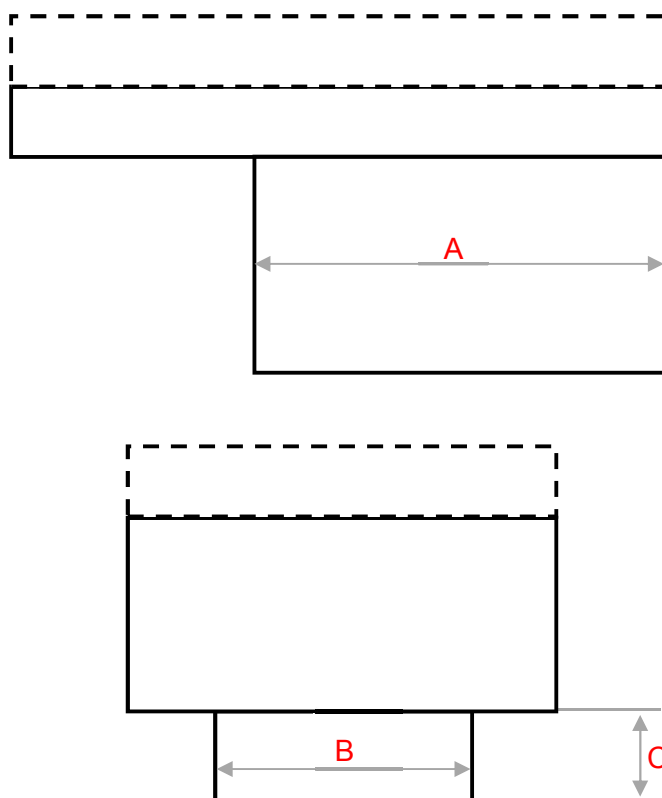
DIMENSIONES PICK UPS ACTUALIDAD												
REFERENCIAS DEL VEHÍCULO				DIMENSIONES EXTERIORES [mm]				DIMENSIONES ZONA DE CARGA [mm]				MASA [Kg]
MARCA	MODELO	AÑO	IMAGEN	LARGO	ANCHO	ALTO	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	M.O.M	M.M.A	CARGA
MITSUBISHI	L200	2018		5.205	1.785	1.775	1.550	1.470	475	1.870	2.900	1.030
VOLKSWAGEN	Amarok	2016		5.254	1.954	1.834	1.555	1.620	499	1.868	2.820	952
FIAT	Fullback	2016		5.285	1.785	1.775	1.550	1.470	-	1.840	2.885	1.045
NISSAN	NP300 Navara	2016		5.330	1.850	1.840	1.578	1.560	475	2.012	3.035	1.023
TOYOTA	Hilux	2016		5.330	1.855	1.815	1.550	1.540	480	2.170	3.210	1.040
MERCEDES BENZ	Clase X	2018		5.340	1.920	1.819	1.587	1.560	431	2.213	3.250	1.037
FORD	Ranger	2016		5.362	1.860	1.815	1.550	1.560	500	2.082	3.270	1.188
RENAULT	Alaskan	2017		5.399	1.850	1.841	1.555	1.560	474	2.006	2.910	904

Tabla 2. Dimensiones más relevantes de las pick ups de la actualidad (Fuente: www.medidasdecoches.com)

Teniendo en cuenta estas dimensiones se ha intentado crear una célula vivienda compatible con el mayor número de pick ups. Es por ello, que se han recopilado las dimensiones y los pesos más restrictivos de la comparativa. En este caso las dimensiones y las masas más críticas son las siguientes:

DIMENSIONES CRÍTICAS				
DIMENSIONES ZONA DE CARGA [mm]			MASAS [Kg]	
LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	M.M.A	CARGA
$A < 1.550$	$B < 1.530$	$C > 500$	<2.820	<904

Tabla 3. Dimensiones críticas



Todas estas dimensiones se deberán verificar mediante la inspección física de cada uno de los pick ups con el fin de no cometer errores antes de la fabricación de un hipotético prototipo.

El resto de dimensiones exteriores se han definido teniendo en cuenta las restricciones marcadas según el reglamento General de Circulación (R.D. 1428/2003) sobre las dimensiones de la carga.

A continuación, se detallan algunas de las medidas exteriores de la célula diseñada.

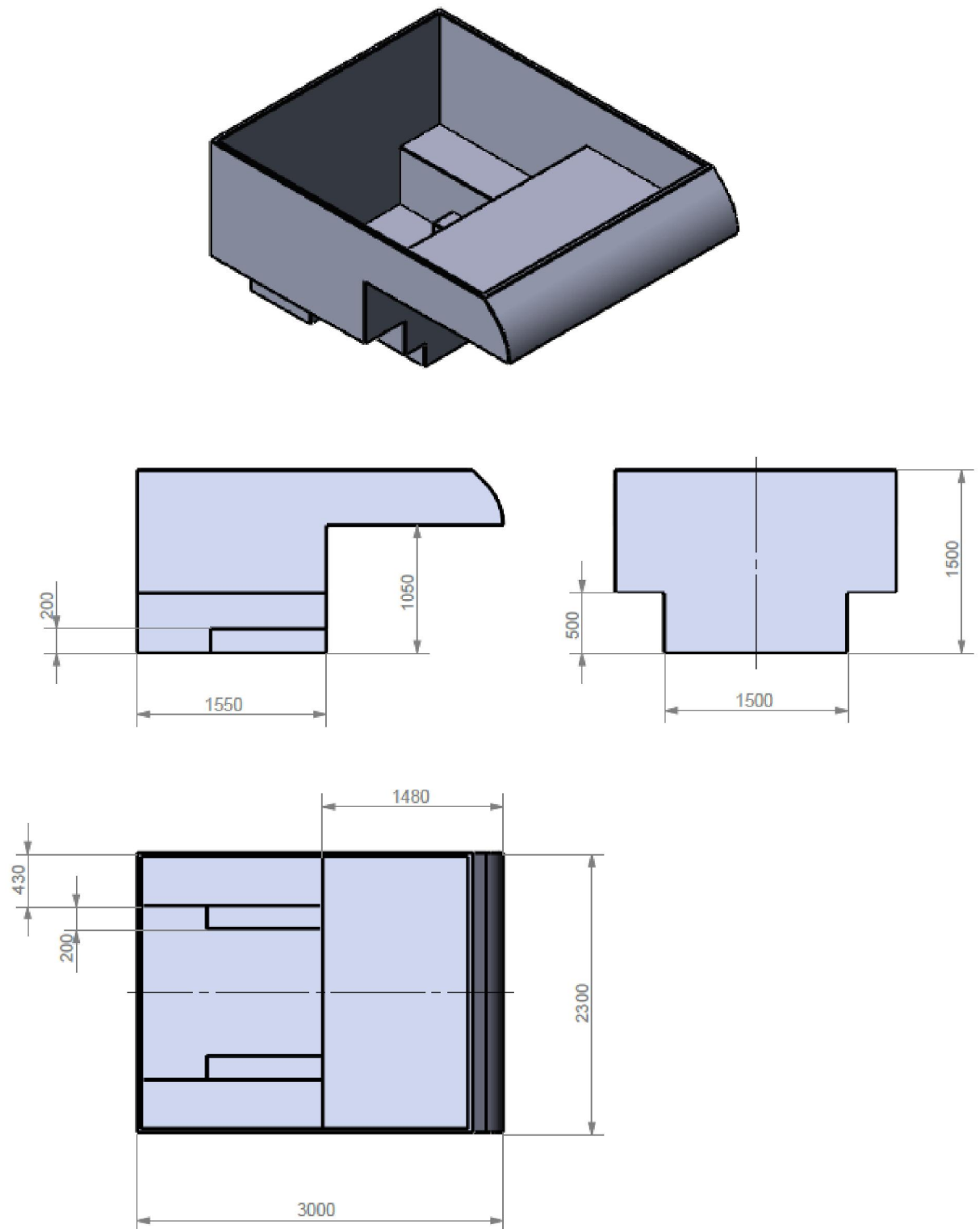


Figura 27. Medidas exteriores finales de la célula (Fuente: SolidWorks)

4.2.2. Lay-out

Respecto al lay-out de la célula vivienda es importante remarcar que una célula vivienda móvil se trata de un vehículo de dimensiones muy reducidas dentro de las variantes de vehículos *camper* comentadas en el apartado 3.1.

La idea principal es aprovechar al máximo el espacio del habitáculo para poder dotar a la célula del máximo equipamiento posible. Hay que remarcar que la habitabilidad de la célula únicamente se llevará a cabo cuando la base mecánica no se encuentre en movimiento.

Antes de entrar en detalle en el equipamiento, es importante tener en consideración diferentes distribuciones utilizadas por diferentes fabricantes. Para simplificar los diferentes lay-outs se han distribuidos en 2 modelos, el básico y el completo.

- **SIMPLE**

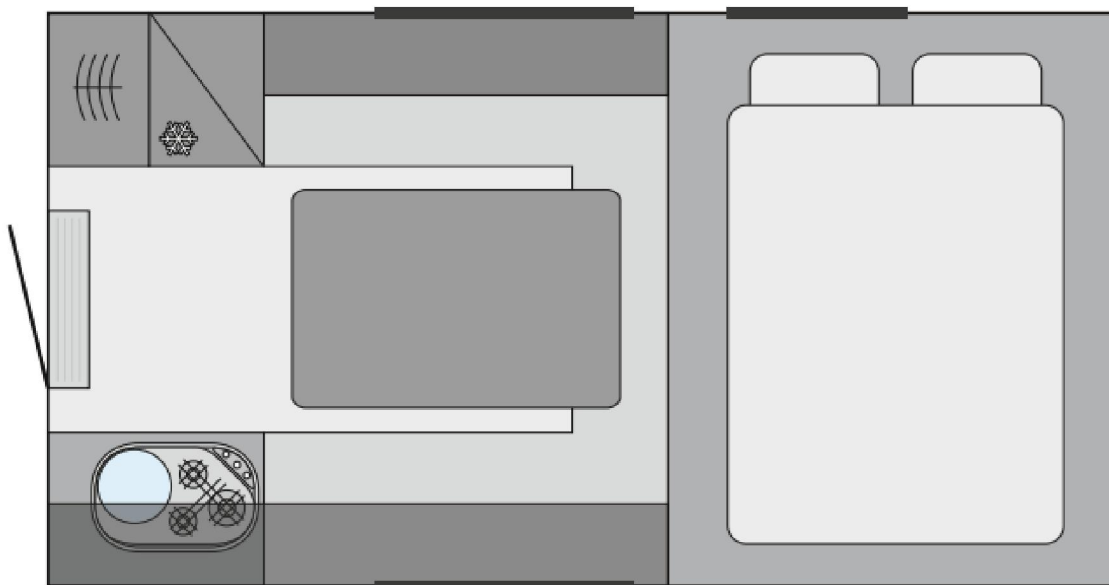


Figura 28. Célula Tischer TRAIL/BOX 200 (Fuente: www.tischer-pickup.com)

Características más destacadas:

- Colchón de 198 x 111 cm.
- Cocina con fogones y nevera.
- Mesa central de aluminio.

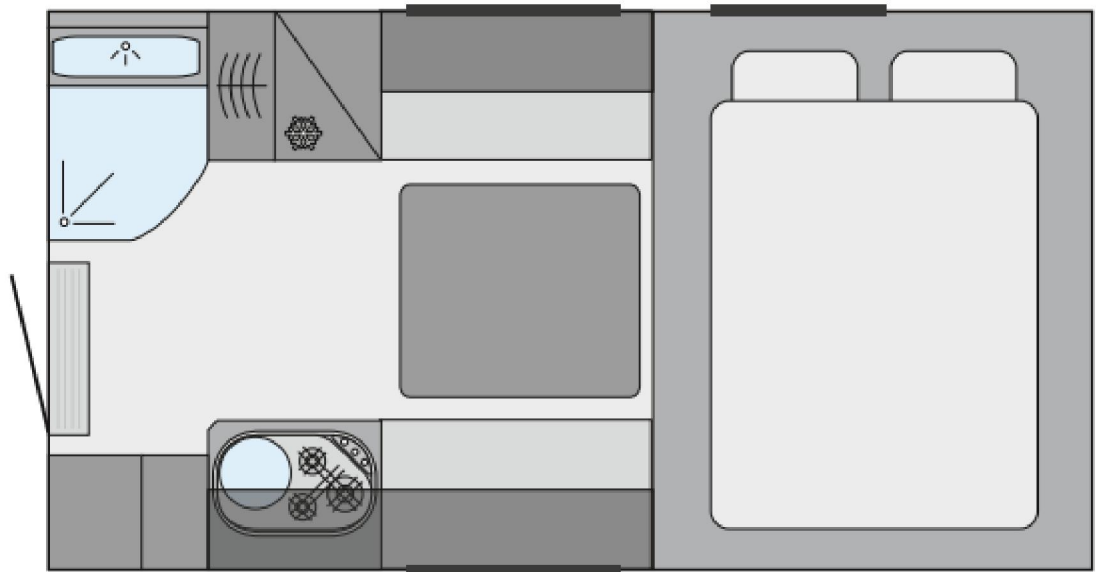
COMPLETO

Figura 29. Célula Tischer TRAIL/BOX 280 (Fuente: www.tischer-pickup.com)

Características más destacadas:

- Colchón de 208 x 132 cm.
- Doble banqueta lateral.
- Cocina con fogones y nevera.
- Mesa central de aluminio.
- Baño completo con ducha.
- Instalación eléctrica completa de 230V o 12V.
- Calefacción.

4.3. Diseño de la geometría

Una vez analizados las diferentes posibilidades que ofrecen las células viviendas, llega el momento de definir las características a incorporar en la célula de estudio.

A continuación, se detallan algunos de los materiales y acabados que se han utilizado para la fabricación de la célula vivienda.

4.3.1. Materiales

Una vez definidas todas las dimensiones de la célula se debe buscar un material que facilite el cumplimiento de las restricciones marcadas en el apartado 4.1.

Además de cumplir las exigencias de resistencia y rigidez también es importante tener una célula correctamente aislada para que el vapor de agua que contiene el aire caliente no llegue a las partes frías de la célula y se generen condensaciones.

Estructura

Como se ha comentado en el apartado 3.3 los materiales más utilizados para la fabricación de la estructura estos módulos son el aluminio, la madera y la fibra de vidrio.

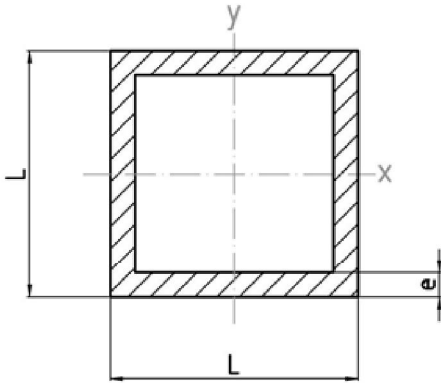
En este proyecto se ha decidido utilizar el aluminio para la fabricación de la estructura de la célula. Las principales ventajas que ofrece este material respecto al resto de alternativas comentadas son los siguientes:

- **LIGEREZA.** El aluminio garantiza una estructura robusta y a la vez ligera. El hecho de poder realizar perforaciones en la estructura ofrece un gran abanico de opciones a la hora de personalizar la célula.
- **FACILIDAD DE CONSTRUCCIÓN.** Pese a que se requiere de un especialista para soldar las uniones, el aluminio destaca tanto por su facilidad de construcción como por su fiabilidad.

Analizando el tipo de perfil utilizado para la fabricación de este tipo de estructuras se ha decidido utilizar un perfil tubular de sección cuadrada de 30x30mm de 2mm de espesor. Este tipo de perfil es el más utilizado en fabricantes que optan por el aluminio como material de fabricación.

Dado que se trata de un perfil normalizado, se puede encontrar en cualquier establecimiento especializado en aluminio. En este caso se ha optado por la empresa ALU-STOCK. Se trata de una empresa experta en el aluminio que ofrece una gran variedad de alternativas de productos tanto para el sector industrial como la arquitectura.

Analizando el catálogo de perfiles normalizados, dentro de los tubos de sección cuadrada se han recopilado las siguientes opciones:



I x I (mm)	e (mm)	Peso kg/m	MI _x cm ⁴	W _x cm ³	Simagaltok 63 EN AW 6063	Simagaltok 82 EN AW 6082
15 x 15	1,5	0,230	0,249	0,332	□	—
15 x 15	2,0	0,295	0,300	0,400	□	—
16 x 16	1,5	0,247	0,308	0,385	□	—
20 x 20	1,5	0,315	0,637	0,637	□	—
20 x 20	2,0	0,408	0,787	0,787	□	—
20 x 20	3,0	0,578	1,013	1,013	□	—
25 x 25	1,5	0,400	1,303	1,042	□	—
25 x 25	2,0	0,522	1,635	1,308	□	—
25 x 25	3,0	0,748	2,169	1,735	□	—
30 x 30	1,5	0,485	2,321	1,548	□	—
30 x 30	2,0	0,635	2,942	1,961	□	—
30 x 30	3,0	0,919	3,985	2,657	□	—
35 x 35	1,5	0,570	3,767	2,153	□	—
35 x 35	2,0	0,748	4,809	2,748	□	—

Figura 30. Perfiles normalizados de sección cuadrada (Fuente: www.alu.stocks.com)

Como se ha comentado anteriormente, la opción escogida ha sido la siguiente:

SECCIÓN [mm]	GROSOR [mm]	PESO [Kg/m]	MATERIAL
30 x 30	2	0.635	Aluminio 6063

Tabla 4. Material seleccionado para la estructura de la célula

Esta selección como se ha comentado anteriormente, es una selección inicial basada en la utilizada por la competencia. Posteriormente se realizarán diferentes simulaciones con elementos finitos para verificar la validez de este u otro tipo de perfil.

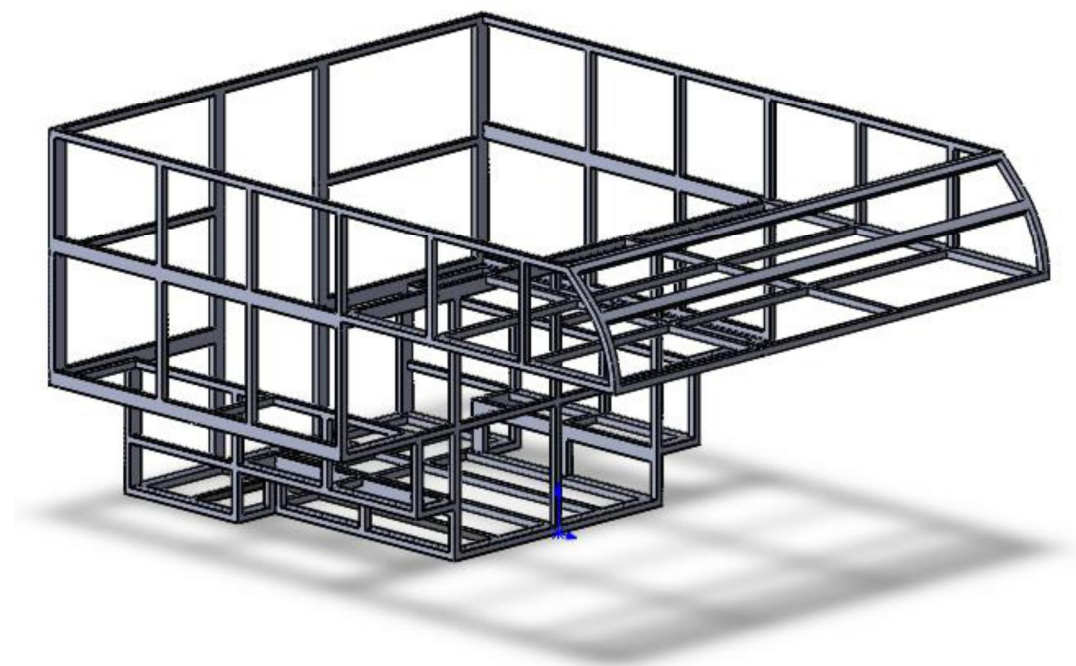


Figura 31. Estructura de la célula (Fuente: SolidWorks)

La estructura del techo de la célula también se ha fabricado con tubos de aluminio de sección cuadrada y 2mm de espesor. El resultado es el siguiente:

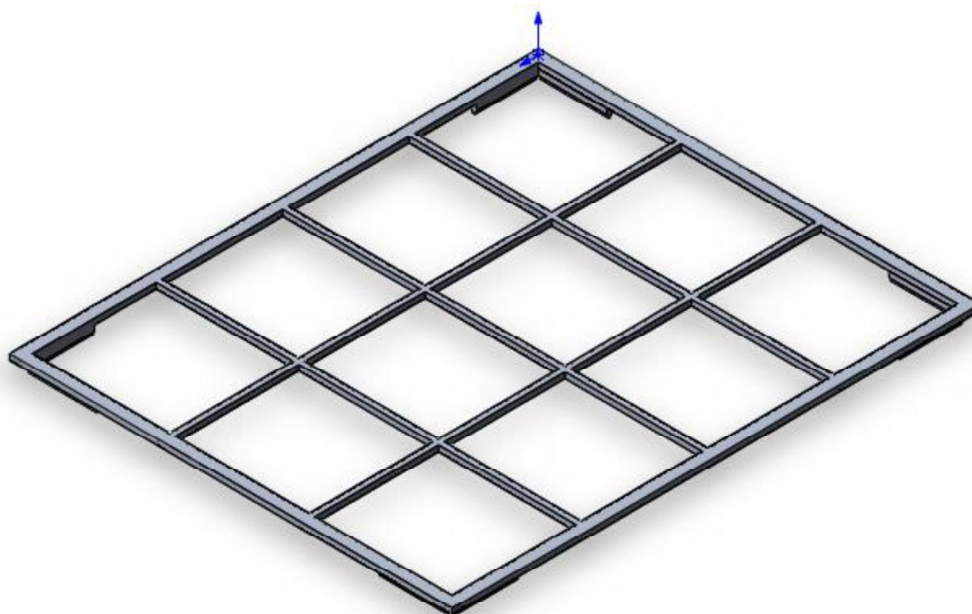


Figura 32. Estructura del techo de la célula (Fuente: SolidWorks)

Muebles

Para la fabricación de los muebles se ha optado por utilizar paneles de contrachapado de chopo recubierto con laminado de alta presión (HPL).

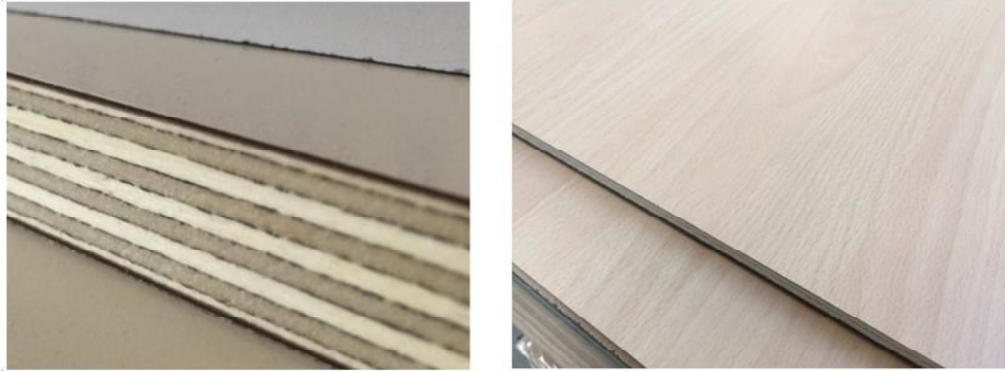


Figura 33. Contrachapado de chopo con laminado de alta presión (Fuente: www.uro-camper.com)

Las características más destacables de este panel son las siguientes:

- Panel ligero.
- Alta resistencia al impacto.
- Durabilidad.
- Gran resistencia a la humedad frente a otros tableros derivados de la madera.
- Ligereza.
- Facilidad de mecanizado.
- 15mm de grosor.

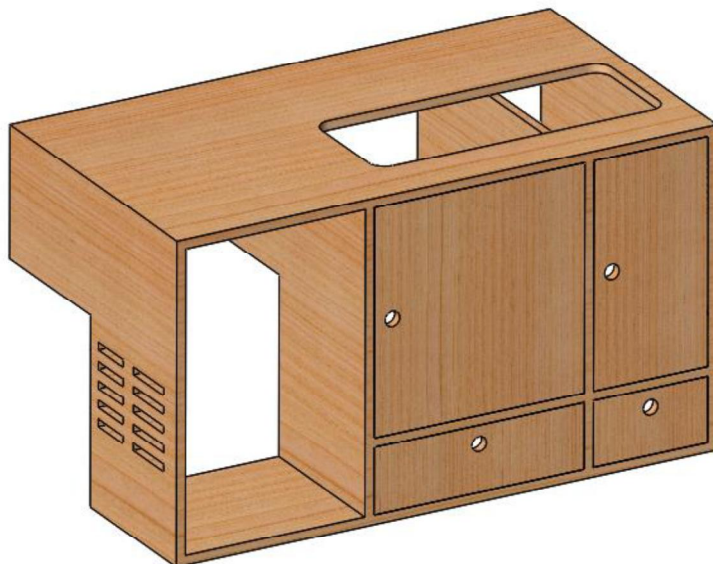


Figura 34. Diseño conceptual del mueble de la cocina (Fuente: SolidWorks)

Lona extensible

Para la zona móvil de la estructura se ha escogido un material flexible para que quede resguardado una vez el techo se encuentre en su posición cerrada. Por ello se ha optado por una lona ignífuga de PVC.

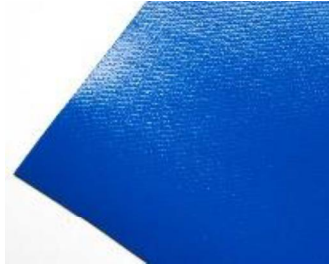


Figura 35. Lona de PVC para el techo extensible (Fuente: www.mwmaterialsworld.com)

Para garantizar que la lona se salvaguarda en la zona interior del habitáculo, se ha instalado un sistema de colapse interior.

Paneles interiores (paredes)

Para los paneles interiores, se ha optado por materiales aislantes. En este caso para el recubrimiento de las paredes laterales de la célula se ha optado por utilizar unos paneles sándwich de fibra de poliéster + XPS de 30mm.

Estos paneles están compuestos por núcleo aislante de XPS (poliestireno extrusionado) y una lámina de fibra de poliéster de 2 mm de espesor.



Figura 36. Panel sándwich de fibra de poliéster + XPS (Fuente: www.uro-camper.com)

A la hora de instalar estos paneles, se han colocado los aislantes de XPS dentro de los huecos dejados por la estructura y posteriormente se han forrado todas las paredes con la lámina de fibra de poliéster de 2mm.

Paneles interiores (suelo)

La zona del suelo de la célula es una zona expuesta a soportar el peso de todas personas que convivan dentro de la célula además de soportar todos los muebles y demás equipamiento. Por esta razón se debe seleccionar un material resistente. En este caso se ha optado por contrachapado marino + lámina vinílica.



Figura 37. Contrachapado marino (Fuente: www.tierrasinsolitas.com)

Las características más destacables de este panel son las siguientes:

- Resistente a la humedad.
- Resistente a la putrefacción.
- Gran robustez (más capas que un contrachapado normal).
- Resistencia a los tornillos.
- Grosor 15mm.

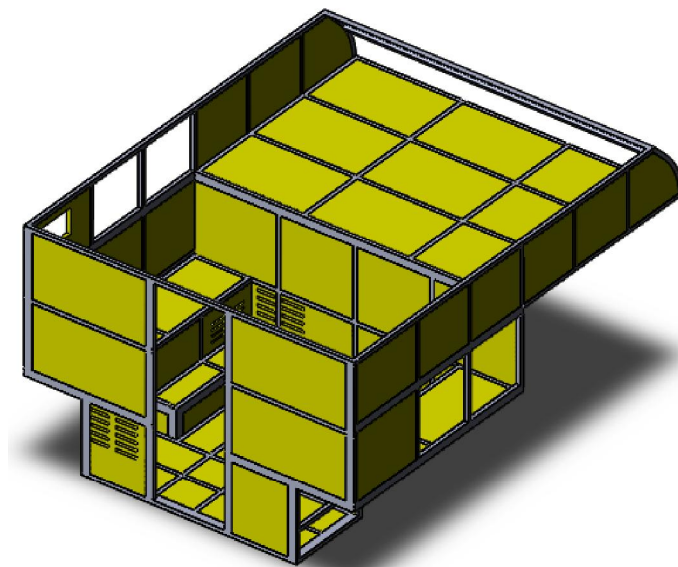


Figura 38. Paneles interiores de la célula (Fuente: SolidWorks)

4.3.2. Acabados

Exterior

Como se ha comentado en el apartado 3.3.1 referente a la fabricación de células viviendas con estructura metálica, estas células se acostumbran a recubrir con una fina lámina de aluminio de 1mm de espesor. En este proyecto se ha optado por seguir esta metodología y se ha recubierto toda la superficie exterior de la célula con chapa de aluminio fijándola mediante unos perfiles angulares en todos los contornos de la estructura.

El resultado es el siguiente:

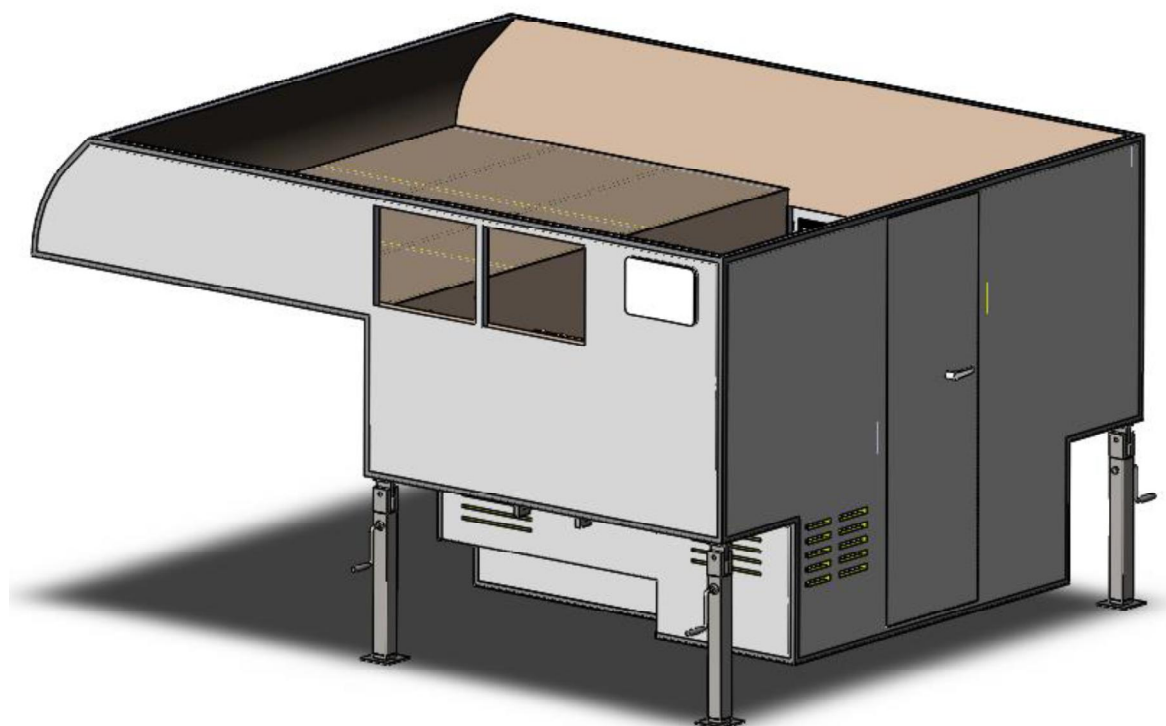


Figura 39. Acabado exterior de la célula (Fuente: SolidWorks)

Ventanas

Para las ventanas se han instalado unas ventanas correderas de la marca DOMETIC. Se trata de la clásica ventana con cristal acrílico y bloqueo de seguridad. El cristal delantero se desliza, mientras que el cristal trasero está fijo. Los marcos exterior e interior están atornillados por dentro el uno con el otro ofreciendo así un sellado eficaz y de larga duración.



Figura 40. Ventana corredera DOMETIC (Fuente: www.dometic.com)

Se han colocado 4 ventanas de 500x450mm, 2 en cada uno de los lados de la célula.

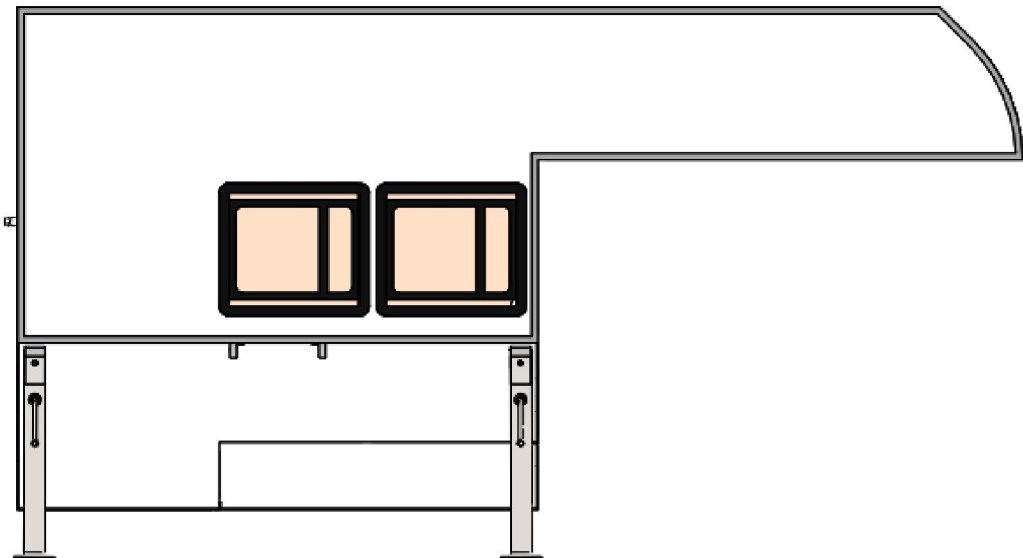


Figura 41. Lateral de la célula con las dos ventanas instaladas (Fuente: SolidWorks)

Escotilla

Para mejorar la luminosidad del habitáculo, se ha decidido instalar una escotilla en el techo de la célula. En este caso se ha optado por una escotilla de la marca VETUS, más concretamente la gama ALTUS. Las escotillas ALTUS incluyen unos ajustadores de bonito diseño y de gran cuidado. Son muy fáciles de manejar y permiten la abertura de la tapa en cualquier posición, hasta los noventa grados.



Figura 42. Escotilla VETUS (Fuente: www.vetus.tienda)

Se puede usar la función de bloqueo en las manetas y las escotillas (incluye también una posición de ventilación). También se puede abrir desde el exterior siempre que no esté usando la función de bloqueo.

Se ha colocado una escotilla cuadrada de dimensiones interiores de 507x507mm.

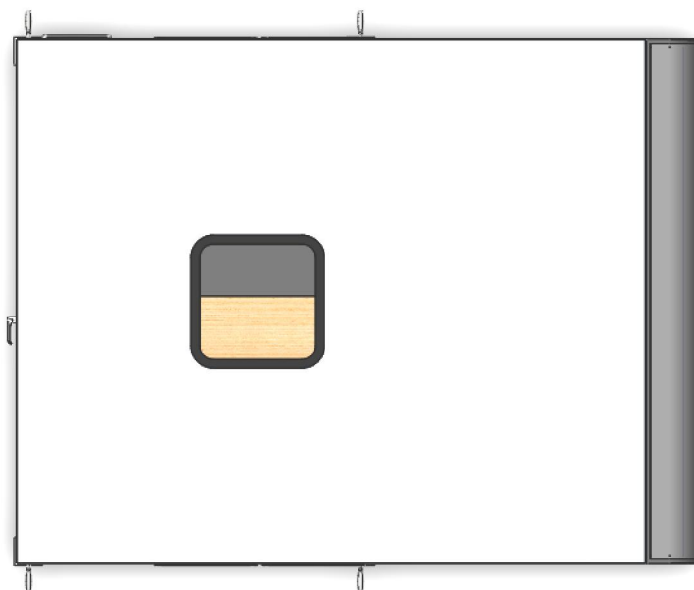


Figura 43. Parte superior de la célula con la escotilla instalada (Fuente: SolidWorks)

Techo elevable

Muchas de las células actualmente en el mercado no disponen de un techo elevable. Las ventajas de instalar un techo elevable son las siguientes:

- **MAYOR HABITABILIDAD.** Las células viviendas acostumbran a ser muy incómodos para personas altas. Instalando un techo elevable los pasajeros pueden estar de pie dentro de la célula sin preocuparse.
- **AERODINÁMICA DEL CONJUNTO CÉLULA-PICK UP.** El techo extensible es un complemento a utilizar únicamente cuando la célula se encuentre en situación de acampada. Mientras la célula está en movimiento el techo se contrae, reduciendo así la altura del conjunto y mejorando la aerodinámica.

El sistema de elevación puede ser mediante un torno de elevación mecánico o cilindros lineales eléctricos. En este proyecto, la elevación del techo se ha realizado mediante cilindros eléctricos del fabricante alemán RK Rose Krieger GmbH,



Figura 44. Cilindro lineal eléctrico LZ60P (www.rk-rose-krieger.com)

Para más información referente a los cilindros instalados, vease Anexo C al final del trabajo. En este caso, se han instalado 3 cilindros lineales eléctricos con un recorrido de 600mm colocados de la siguiente forma.

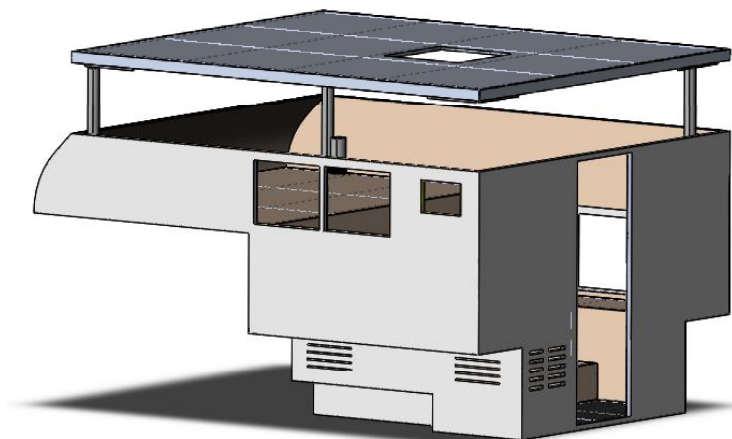


Figura 45. Distribución de los 3 cilindros dentro de la célula (Fuente: SolidWorks)

4.4. Diseño elementos interiores

4.4.1. Equipamiento









EQUIPAMIENTO				
ZONA	TIPO	MARCA	MODELO	IMAGEN
COCINA	Frigorífico	DOMETIC	RM5310 de absorción autónomo.	
	Placa + Fregadero	DOMETIC	MO 9722R	
	Microondas	CAMP 4	CAMP 4 70440	
	Gas	-	Bombona GLP aluminio 11 KG	
	Agua	-	Depósitos de agua limpia y grises de 30L	
ENERGÍA	Batería	DOMETIC	ESTORE (100Ah)	
DORMITORIO	Colchón	EUROCOLCHÓN	Apolo Visco Box	
BAÑO	Inodoro	THETFORD	Porta Potti Qube 335	

Tabla 5. Equipamiento básico de la célula

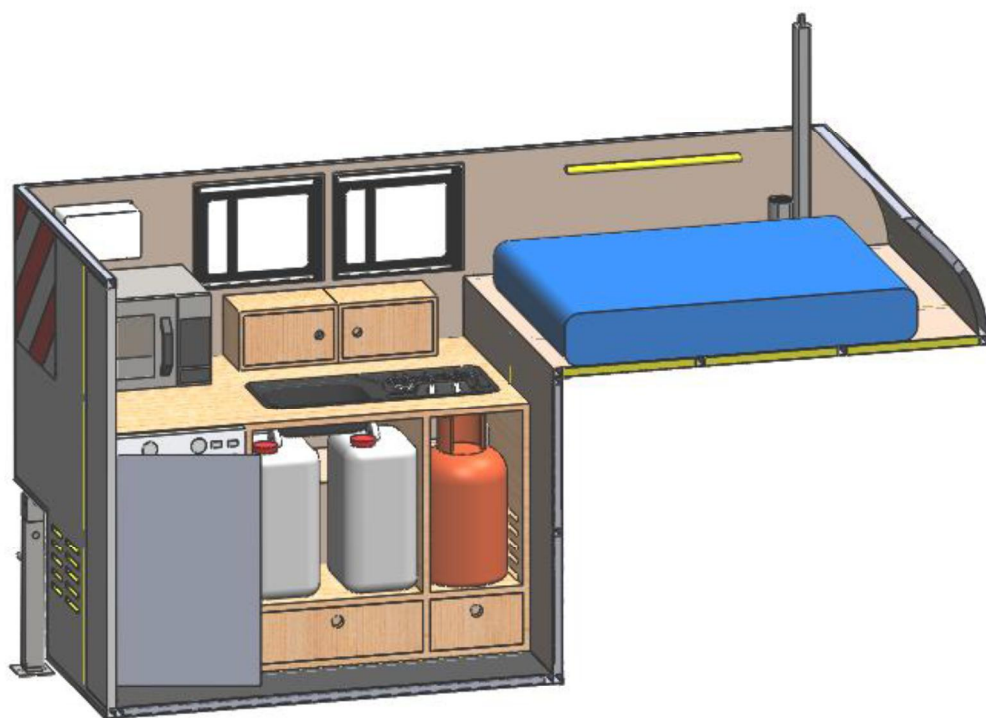


Figura 46. Equipamiento zona de la cocina (Fuente: SolidWorks)

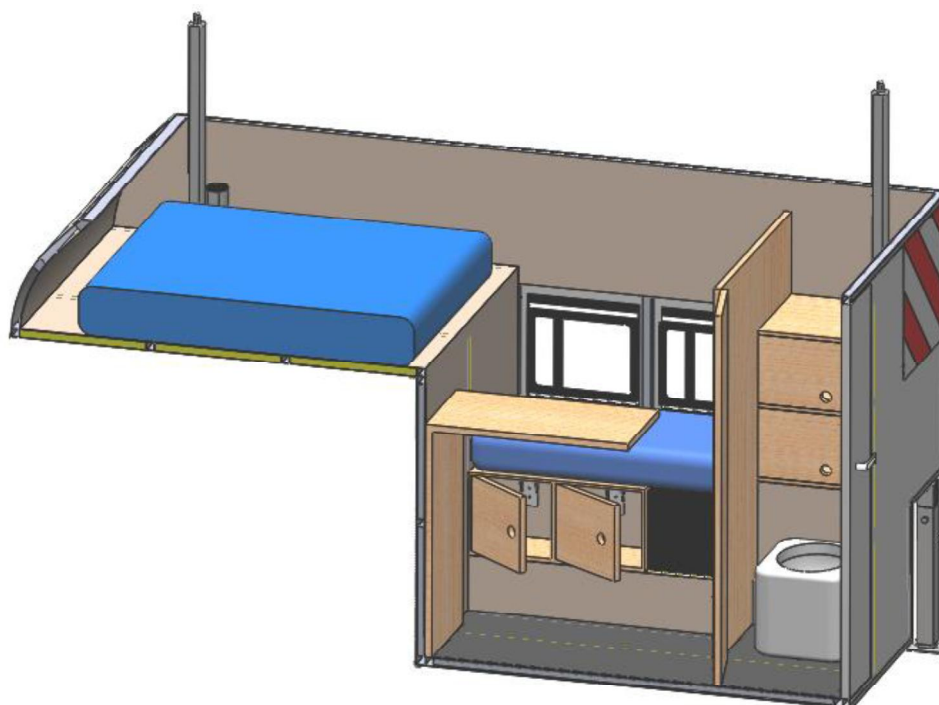


Figura 47. Equipamiento zona sala de estar y dormitorio (Fuente: SolidWorks)

4.4.2. Distribución de masas

Un punto a tener en cuenta para estudios posteriores es el peso total de la célula con todo el equipamiento. En este caso se ha realizado una estimación del peso considerando gran parte de los elementos que componen la célula.

El desglose simplificado se puede observar en la siguiente tabla.

MASAS CÉLULA				
ELEMENTO	UNIDADES	MASA UNITARIA [Kg]	MASA TOTAL [Kg]	PUNTOS DE MASA [Kg]
Microondas	1	10,00	10,00	150,00
Mueble cocina	1	42,41	42,41	
Frigorífico	1	20,00	20,00	
Cocina	1	6,00	6,00	
Bombona de gas	1	11,00	11,00	
Depósitos de agua	2	30,00	60,00	
Cajón fregadero	2	1,40	2,80	
Batería	1	17,00	17,00	50,00
Colchón	1	9,00	9,00	
Banqueta	1	3,00	3,00	
Inodoro	1	3,30	3,30	
Cajón banqueta	1	2,30	2,30	
Mueble lavabo	1	12,82	12,82	
Puerta lavabo	1	5,44	5,44	
Estructura metálica	1	98,77	98,77	100,00
Mesa plegable	1	4,85	4,85	
Gatos de posicionamiento	4	59,0	236	
TOTAL			332,29	300,00

Tabla 6. Desglose de masas de la célula

Con el fin de facilitar la realización de posteriores análisis se ha desglosado la masa total de la célula por zonas, con el fin de poder colocar diferentes puntos de masa en el interior.

4.5. Diseño sistema de acople/desacople célula-pickup

4.5.1. Concepto

Como se ha comentado en apartados anteriores, el sistema de acople y desacople de la célula es un aspecto muy importante dentro del concepto de célula vivienda móvil.

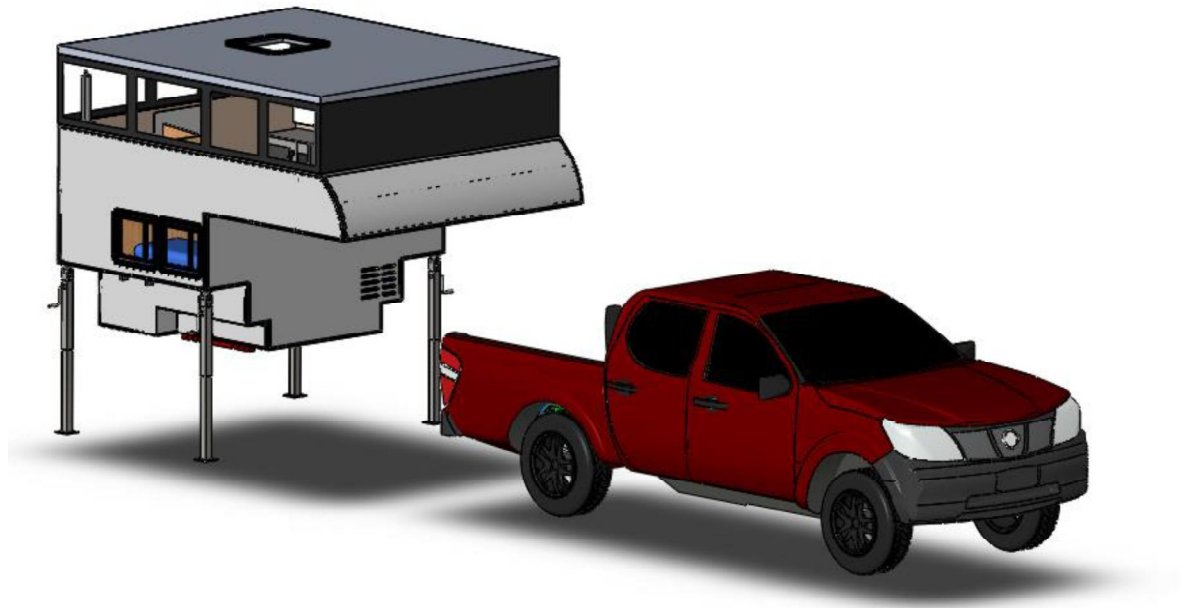


Figura 48. Proceso de carga de la célula en el pick up (Fuente: SolidWorks)

En el apartado 3.4 se ha hablado del sistema de acople más utilizado en la actualidad. En este proyecto se ha considerado que anclar la célula vivienda mediante tensores de amarre no es la mejor opción. Los principales puntos débiles de este sistema son los siguientes.

- **SISTEMA POCO ESTÉTICO.**
- **SISTEMA VULNERABLE A MANIPULACIONES EXTERNAS.**
- **SISTEMA PROPENSO A RECIBIR IMPACTOS AL CIRCULAR.**

A continuación, se detalla el sistema de acople y desacople utilizado en este proyecto.

4.5.2. Gatos de posicionamiento

Respecto al mecanismo de elevación utilizado para apoyar, elevar, y regular la célula vivienda, se ha optado por 4 gatos de posicionamiento. Lo que diferencia estos gatos de posicionamiento respecto a otros es el sistema en que quedan ocultos una vez el vehículo se encuentra en marcha.

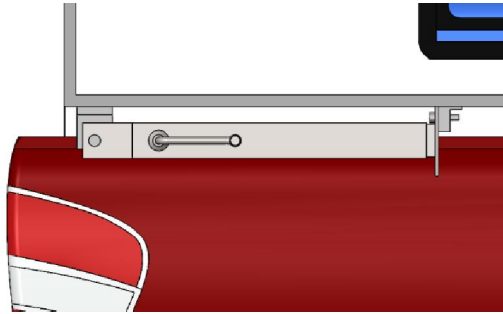


Figura 49. Gato de posicionamiento plegado (Fuente: SolidWorks)

Para ello se ha instalado un eje pasante en la parte superior del gato que rota respecto a una pequeña pieza mecanizada que va unido a la célula.

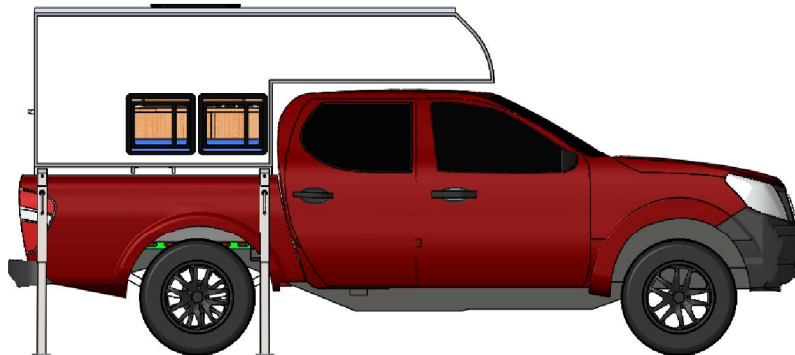


Figura 50. Gatos de posicionamiento en situación de carga (Fuente: SolidWorks)

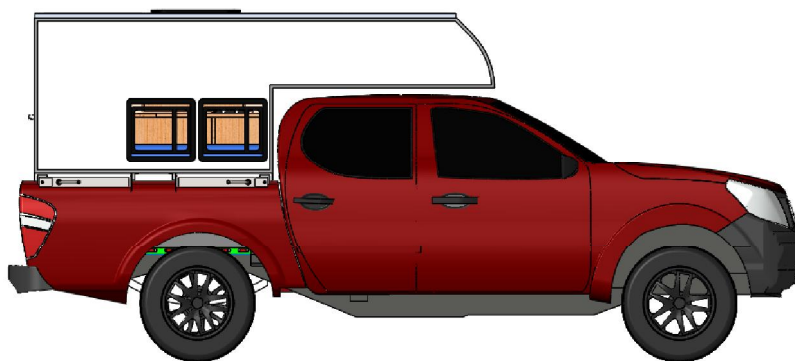


Figura 51. Gatos de posicionamiento en situación de marcha (Fuente: SolidWorks)

Teniendo en cuenta el peso que deben de soportar los gatos de posicionamiento se ha optado por instalar 4 gatos del fabricante alemán HAACON, especialista en sistemas de elevación.

Se ha seleccionado el modelo 1t, capaz de soportar una masa máxima de 1000 Kg por gato, por lo tanto, soporta con solvencia el peso de la célula

. Las características más destacables de este sistema de elevación son las siguientes:

- Construcción robusta con tubos de sección cuadrada.
- Manejo fácil y seguro, montaje fácil
- Husillo roscado trapezoidal autoblocante, con engranaje cónico sin necesidad de mantenimiento.

A continuación, se muestran unas imágenes del gato de posicionamiento en cuestión.



Figura 52. Gatos de posicionamiento HAACON 1t (Fuente: www.haacon.com)

Para más información sobre estos gatos de posicionamiento consultar Anexo B.

Hay que tener en cuenta que para garantizar la integridad de la célula cuando esta se encuentra desacoplada de la base mecánica, se ha instalado un sistema de bloqueo en la parte superior de los gatos para impedir el movimiento articulado de la unión entre el gato y la célula.

4.5.3. Sistema de anclaje célula-pick up

Debido a las debilidades que ofrece el sistema de anclaje célula-pick up mediante tensores de amarre, en este proyecto se propone una alternativa.

La alternativa del nuevo sistema de anclaje nace del estudio de la estructura de los chasis que montan los pick up. Actualmente, gran parte de los pick ups, SUV, camiones y autobuses utilizan un tipo de chasis, llamado chasis de escalera.

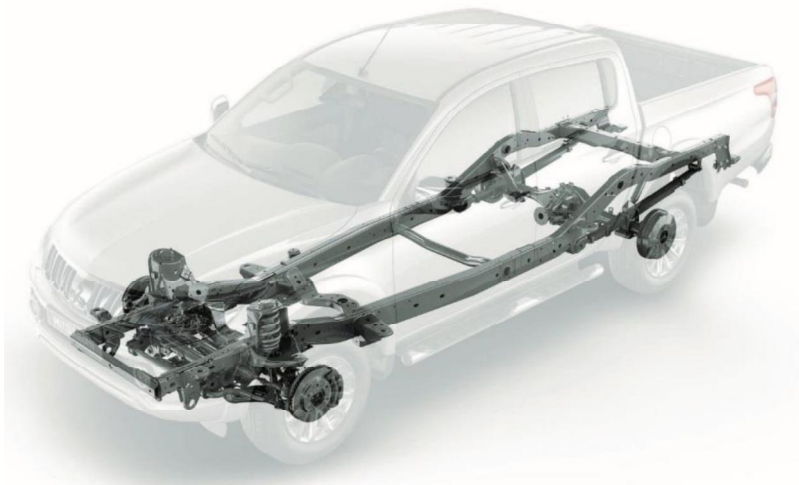


Figura 53. Estructura chasis de escalera. (Fuente: www.carsnews.tv)

La característica principal de este tipo de chasis es que la carrocería del vehículo queda montada encima de él. Este chasis se encuentra compuesto por un par de largueros que recorre todo el auto de manera longitudinal y que se encuentra unido entre si gracias a diversas placas de acero que a la vez soportan otros componentes del automóvil, de ahí que su apariencia parezca una escalera.

Analizando la zona trasera del chasis, donde se montan los pasos de rueda, se ha realizado un anclaje basado en un angular de acero soldado a cada uno de los largueros del chasis. A continuación, se muestra una imagen de esta unión.

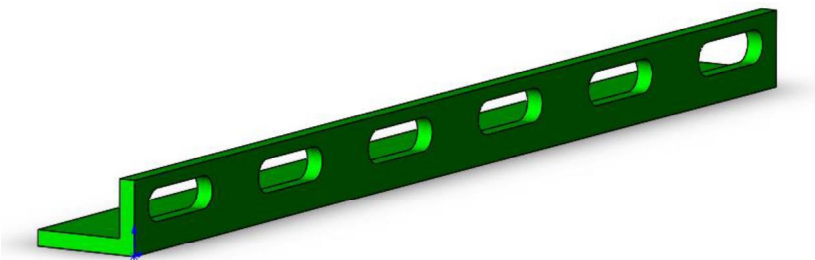


Figura 54. Angular de acero soldado al chasis. (Fuente: SolidWorks)

Estos dos angulares van soldados al chasis de tal forma que son accesibles desde el paso de rueda de las ruedas traseras del vehículo.

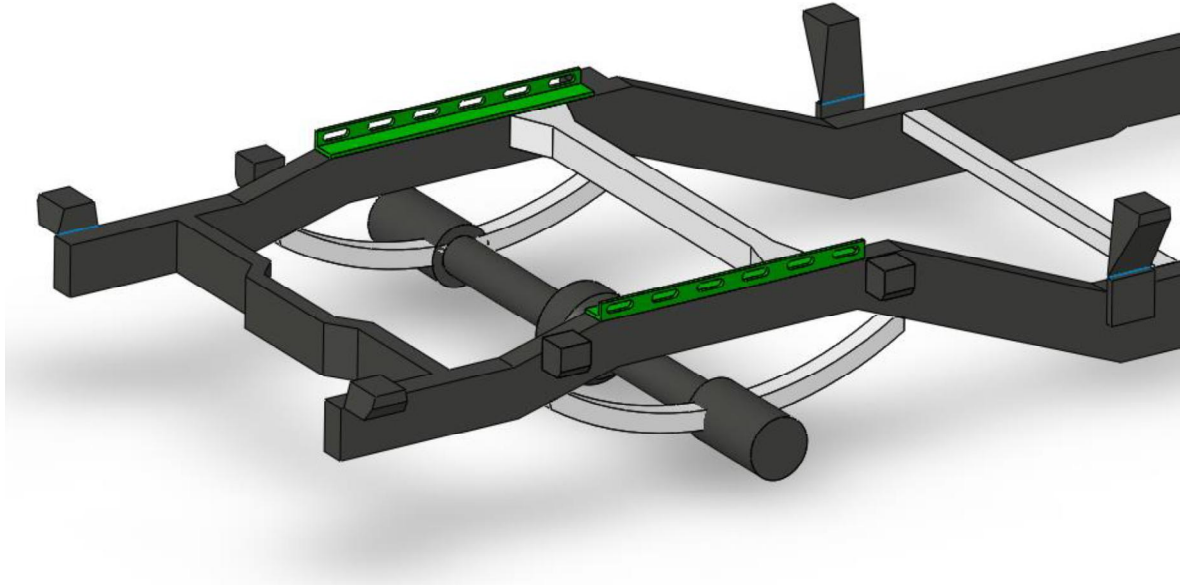


Figura 55. Angulares soldados a la estructura del chasis (Fuente: SolidWorks)

Por otro lado, para fijar la célula al chasis del pick up, se ha instalado dos perfiles de sección rectangular de unos 700mm de largo fijados en los laterales de la célula.

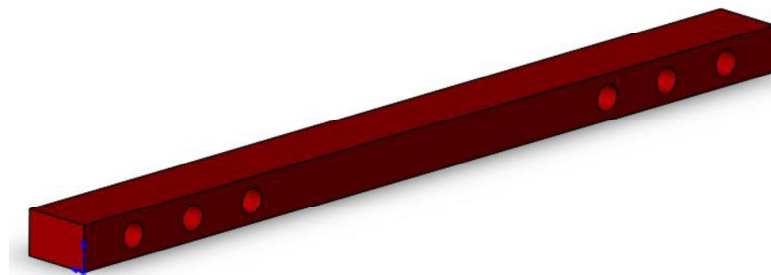


Figura 56. Perfil rectangular fijado a la base de la célula (Fuente: SolidWorks)

Estos perfiles se fijan en la base de la célula de tal forma que coincidan con los largueros del chasis de la base mecánica. Para facilitar la unión de los dos perfiles se han realizado 6 agujeros pasantes, 3 en cada lado.

A continuación, se muestra una imagen de los dos perfiles instalados en la base de la célula.

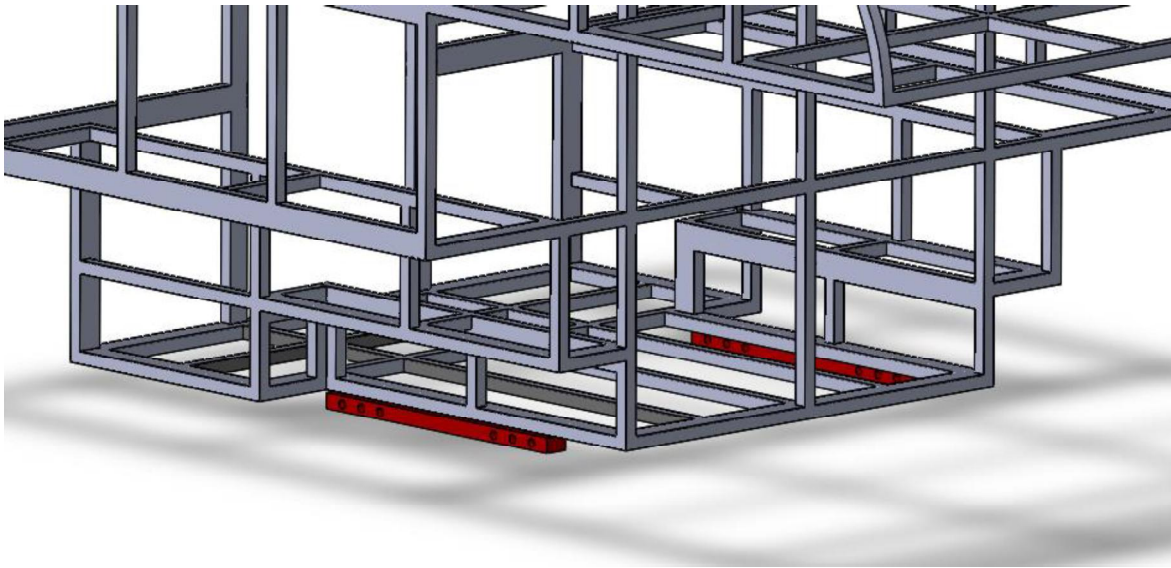


Figura 57. los dos perfiles instalados en la base de la célula. (Fuente: SolidWorks)

En el angular soldado al chasis se han realizado uno agujeros colisos de tal forma que se pueda regular la posición relativa de la célula respecto al pick up, en función de las dimensiones de la célula o de la zona de carga de la base mecánica.

En la siguiente imagen se puede observar este hecho.

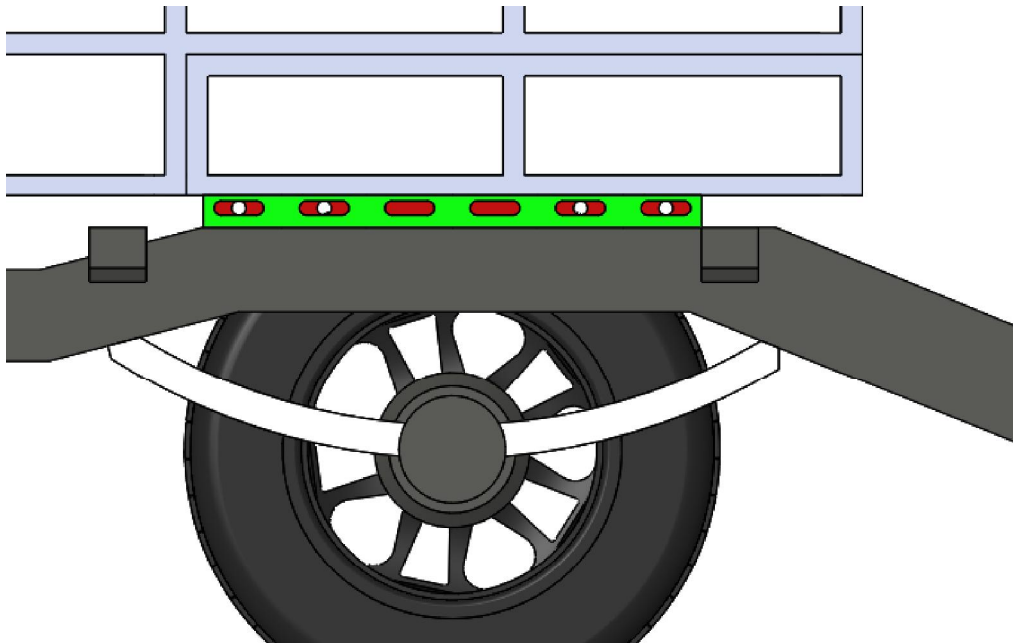


Figura 58. Ensamblaje del sistema de fijación propuesto. (Fuente: SolidWorks)

Una vez posicionada la célula sobre el pick up, se añaden dos pasadores (uno en cada extremo) para acabar de fijar el sistema con seguridad.

Partiendo de la idea de que la célula diseñada debe ser compatible con el mayor número de pick ups del mercado, el sistema de fijación no debe de suponer un inconveniente para cumplir esta premisa. Por ello la idea que se propone para la utilización de este sistema es la adquisición de un kit de acople exclusivo para cada pick up. El kit incorporaría unos pasos de rueda con los angulares específicos para ser fijados al chasis del vehículo.

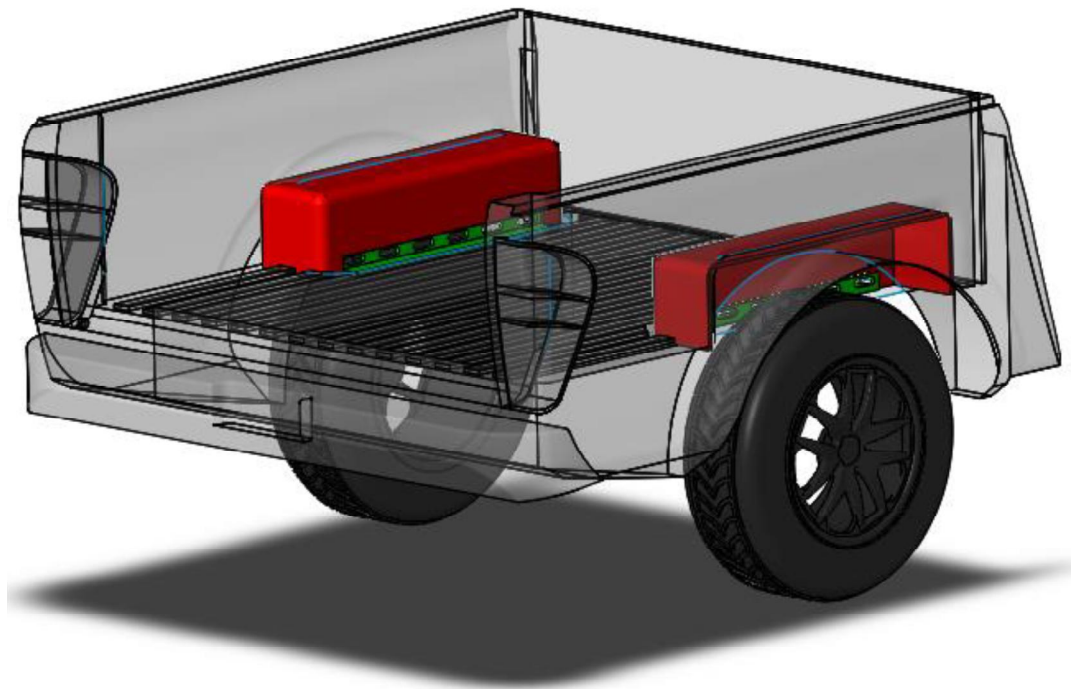


Figura 59. Kit de pasos de rueda más angulares específicos para cada vehículo (Fuente: SolidWorks)

Estos pasos de rueda específicos con los angulares de fijación al chasis deberán de ser sustituidos por los pasos de ruedas originales del vehículo. Para ello bastaría con recortar los originales y colocar los específicos fijándolos a la chapa metálica interior de la zona de carga del pick up.

Un aspecto importante a tener en cuenta es el hecho de que, al tratarse de un sistema de fijación artesanal, posiblemente se tenga que hacer una reforma en el vehículo. Estas reformas vienen reguladas por el R.D.866/2010. Este Real Decreto regula el procedimiento para la realización y tramitación de reformas efectuadas en vehículos después de su matriculación definitiva en España con el fin de garantizar que tras la reforma se siguen cumpliendo los requisitos técnicos exigidos para su circulación.

Para ello, antes de empezar cualquier tipo de reforma sería conveniente hablar con el servicio técnico de reformas, anteriormente denominados laboratorios de reformas. El hecho de tratarse de una modificación del vehículo podría comportar la realización de un proyecto técnico y un informe de conformidad. Este sistema de anclaje alternativo podría ser rechazado por aquellos usuarios a los que la estética del sistema no sea una prioridad y prefieran no lidiar con procesos de homologación.

A continuación, se muestra un esquema simplificado de lo que podría ser el proceso de la reforma del vehículo paso a paso.



Figura 60. Proceso de reforma del vehículo (Fuente: www.gencat.cat)

Si, por el contrario, se quieren evitar estos procedimientos se puede optar por el sistema de fijación mediante tensores de amarre.



Figura 61. Tensores de amarre (Fuente: www.torklift.com)

5. DISEÑO DE INSTALACIONES

5.1. Instalación eléctrica

Respecto a la instalación eléctrica de la célula se ha realizado la estructura del esquema simplificado de la instalación. Hay que tener en cuenta que este esquema es para tener una idea general de los posibles componentes que pueden componer la instalación pero que puede haber variaciones.

5.1.1. Consumo de los elementos

Teniendo en cuenta algunos de los elementos contemplados en el apartado del equipamiento (4.4.1) se ha realizado una pequeña tabla teniendo en cuenta los consumos más significantes.

POTENCIAS			
ZONA	ELEMENTO	INTENSIDAD (A)	POTENCIA (W)
COCINA	Frigorífico	10	120
	Microondas	55 (12V)	660
	Bomba agua	5	-
ILUMINACIÓN	Ojo de Buey	0,15	1,8
	Fluorescente	0,33	4
	Flexo	0,25	3
OTROS CONSUMOS	Enchufes	20	-
		90,73	

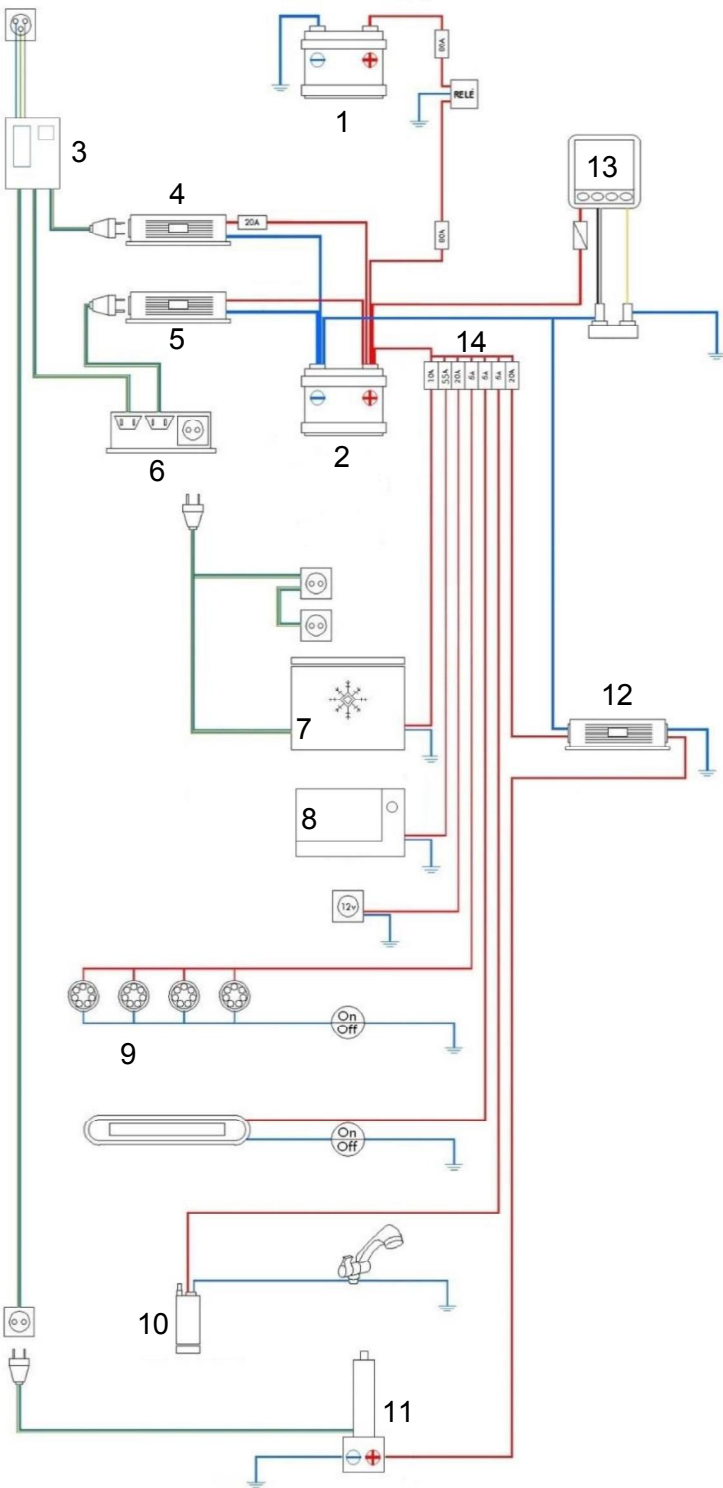
Tabla 7. Consumos batería auxiliar

Todos estos consumos se abastecen de la batería auxiliar de 100Ah.

5.1.2. Normativa reglamentaria

En este caso, al haber realizado una instalación eléctrica diferente a la que presentaba el vehículo de serie será necesario, para poder legalizar la reforma, presentar un certificado realizado por un instalador eléctrico donde se certifique que la instalación cumple con el REBT (RD 842/2003).

5.1.3. Esquema



ELEMENTO	
1	Batería principal
2	Batería auxiliar
3	Diferencial
4	Cargador de batería
5	Inversor 12cc/220ac
6	Conector de prioridad
7	Nevera
8	Microondas
9	Iluminación
10	Bomba de agua
11	Cilindros eléctricos
12	Convertor
13	Voltímetro
14	Fusibles

Esquema 1. Instalación eléctrica

5.2. Instalación de gas

La instalación del gas únicamente contempla los consumos provenientes de la bombona de gas de 11 Kg. En este caso el principal elemento de consumo son los fogones de la cocina.

5.2.1. Consumo de los elementos

CONSUMOS		
ZONA	ELEMENTO	CONSUMO (g/h)
COCINA	Fogones	204

Tabla 8. Consumos bombona GLP

5.2.2. Normativa reglamentaria

De la misma forma que para la instalación eléctrica, en el caso de las instalaciones de gas realizadas en el vehículo se deberá certificar que la instalación cumple con el RD 919/2006.

En dicha normativa se pueden obtener restricciones referentes a:

- **ABERTURAS DE VENTILACIÓN PERMANENTES.**
- **DISTANCIAS ENTRE ENVASES CONECTADOS Y ELEMENTOS DE LA CÉLULA.**
- **DOCUMENTACIÓN Y PUESTA EN SERVICIO.** (No necesaria en este proyecto por el hecho de presentar una instalación inferior a 15 Kg de GLP)

En este proyecto no se ha entrado en detalle en el cumplimiento de esta normativa por lo que en el caso de que este proyecto se llevara a cabo de forma física sería uno de los aspectos a considerar.

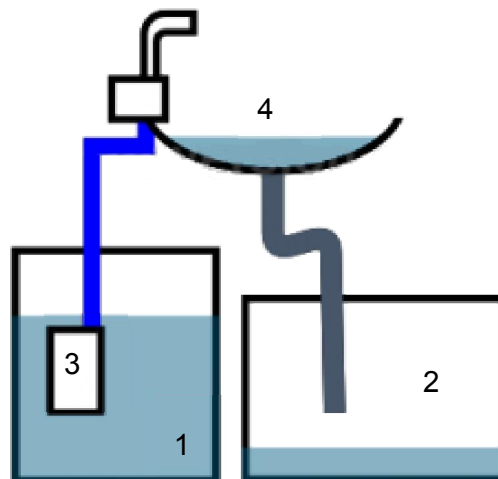
5.3. Instalación de agua

La instalación de agua de la célula se ha llevado a cabo sin considerar la posibilidad de disponer de agua caliente.

De todas formas, se han instalado dos depósitos de 30L, uno destinado a las aguas limpias y el otro a aguas sucias. En el diseño de la célula se ha optimizado al máximo el espacio por lo que únicamente se ha podido dedicar el mueble de la cocina para almacenar los depósitos.

5.3.1. Esquema

El diseño del esquema que se ha planteado para el circuito de agua es el siguiente.



Esquema 2. Instalación de agua

ELEMENTO	
1	Depósito aguas limpias
2	Depósito aguas sucias
3	Bomba de agua
4	Fregadero

Como se puede observar, se trata de una instalación básica para disponer del agua justa para cumplir con las necesidades de los pasajeros.

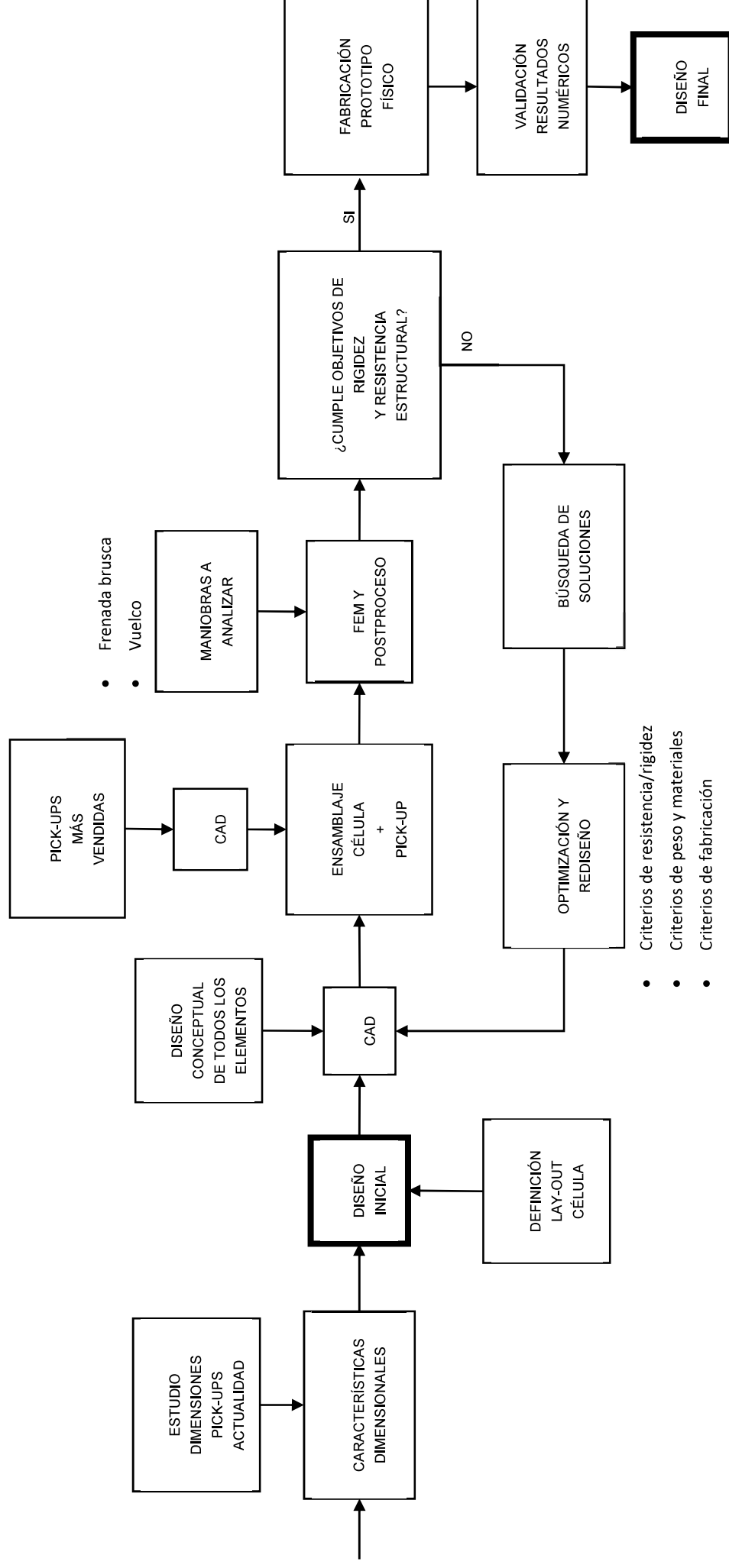
A continuación, se presentan algunos de los elementos principales necesarios para la realización de la instalación.

INSTALACIÓN ELÉCTRICA	
ELEMENTO	IMAGEN
Desagüe del fregadero	
1 metro de manguera de 20 mm	
Codo para la conexión entre el desagüe del fregadero y el depósito de aguas sucias	
Bomba de agua del depósito de aguas limpias	
Ficha empalme cable bomba de agua	

Tabla 9. Elementos necesarios para la instalación de agua

6. PROCESO DE DISEÑO Y MODELADO

6.1. Proceso de diseño



7. ESTUDIO DE LA RIGIDEZ Y LA RESISTENCIA

7.1. Descripción de las simulaciones

La célula en estudio se ha sometido a dos situaciones de uso con el fin de verificar su validez y realizar pequeños ajustes en su diseño. Para ellos, se han realizado dos simulaciones mediante elementos finitos, frenada brusca y vuelco. Comentar que ambas simulaciones se han realizado con el nuevo sistema de fijación entre la célula y la pick up.

7.1.1. Frenada brusca

Una de las situaciones más desfavorables a la hora de transportar cualquier tipo de carga en la zona de transporte de un vehículo del tipo pick up son los frenazos. Un aspecto muy importante en estas situaciones es la calidad del amarre de la carga.



Figura 63. Frenada brusca pick up (Fuente: news.pickuptrucks.com)

Puesto que una célula vivienda móvil está considerada como “carga” respecto a la normativa aplicable, hay que asegurar su buen estado durante su transporte. Por lo tanto, es importante evitar el deslizamiento, la inclinación, el balanceo y la deformación sustancial de la carga en cualquier dirección.

La norma europea EN 12195-1 aborda los métodos y los parámetros fundamentales para diseñar un correcto amarre de sujeción.

Hay que tener en cuenta que dicha normativa únicamente aplica a vehículos con MMA > 3.500 Kg, por lo tanto, no aplicaría en el caso de estudio. Pese a esto, con el fin de verificar la validez del diseño se han seguido algunos principios de esta normal.

Analizando la norma, se puede extraer la siguiente información útil.

El diseño de los amarres de sujeción de la carga ha de basarse en los siguientes parámetros:

- **ACELERACIONES**
- **COEFICIENTES DE ROZAMIENTO**
- **FACTORES DE SEGURIDAD**
- **MÉTODOS DE ENSAYO**

El equipo de sujeción de la carga debe ser capaz de soportar:

- 0,8 del peso de la carga en la dirección de avance
- 0,5 del peso de la carga hacia los lados y hacia atrás
- 0,6 del peso de la carga hacia los lados si hay riesgo de que la carga se ladee

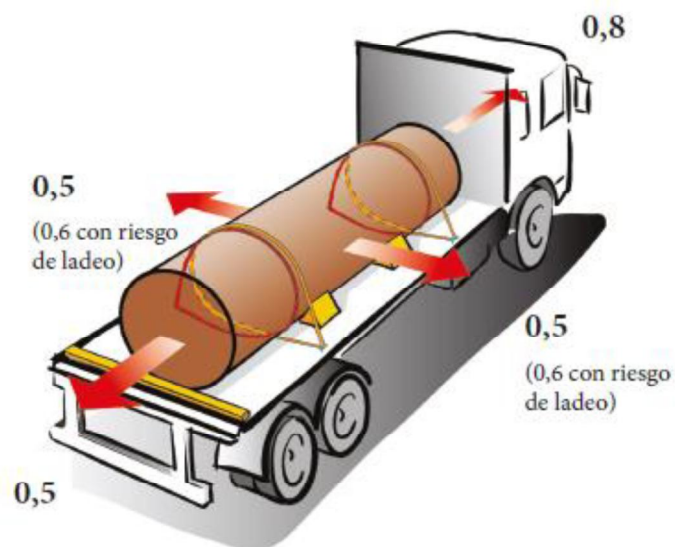


Figura 64. Fuerzas de la masa durante el transporte por carretera. (Fuente: UNE12195-1)

Teniendo en cuenta toda esta información, se han calculado las fuerzas que actúan en nuestro caso de estudio.

$$F = m \cdot (c \cdot g) \quad m = 300 \text{ Kg}$$

Aceleración en sentido longitudinal

- Frenazos $c_x = 0.8$ $F_{xf} = 300 \cdot (0.8 \cdot 9.81) = 2354.4 \text{ N}$
- Aceleraciones $c_x = 0.5$ $F_{xa} = 300 \cdot (0.5 \cdot 9.81) = 1471.5 \text{ N}$

Aceleración en sentido vertical

- Peso $c_z = 1$ $F_{zp} = 300 \cdot (1 \cdot 9.81) = 2943 \text{ N}$

Aceleración en sentido transversal

- Deslizamiento $c_y = 0.5$
- Coef. de rozamiento $\mu = 0.3$ $F_{yd} = 0.3 \cdot 300 \cdot (0.5 \cdot 9.81) = 441.45 \text{ N}$

Analizando las diferentes fuerzas obtenidas, se ha decidido utilizar la fuerza referente a la situación de un frenazo brusco.

Por lo tanto las condiciones de contorno contempladas en esta simulación son las siguientes:

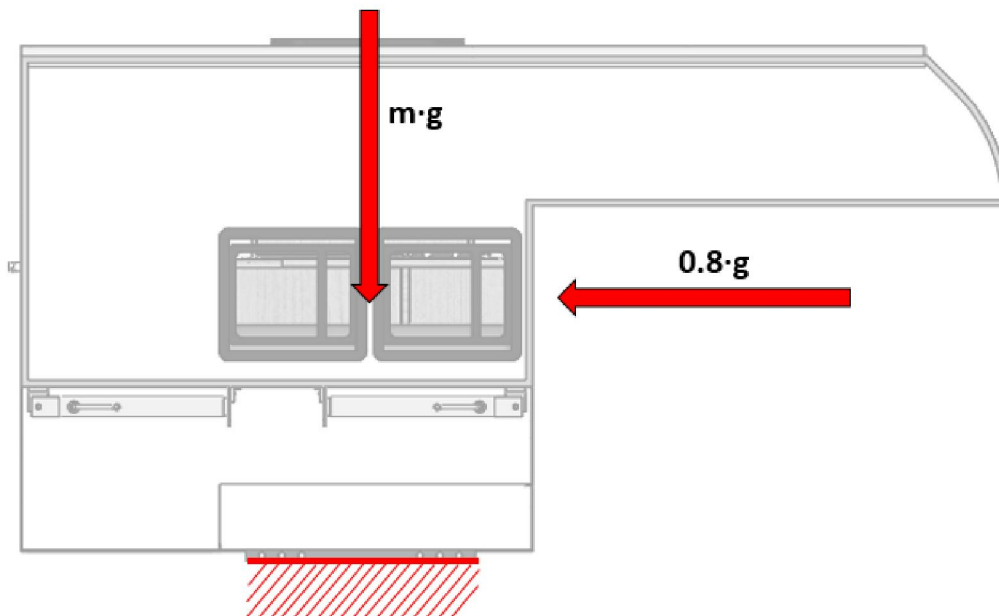


Figura 65. Condiciones de contorno simulación frenada

7.1.2. Vuelco

Para verificar la resistencia de la estructura de la célula se ha realizado un análisis simulando el vuelco del conjunto célula + pick up. En este caso, se ha considerado que el conjunto no se desacopla en ningún momento por lo que, todo el peso del pick up debe de ser soportado por la estructura de la célula.



Figura 66. Vuelco pick up con célula. (Fuente: www.truckcamperadventure.com)

En el caso de estudio se han contemplado las siguientes condiciones de contorno.

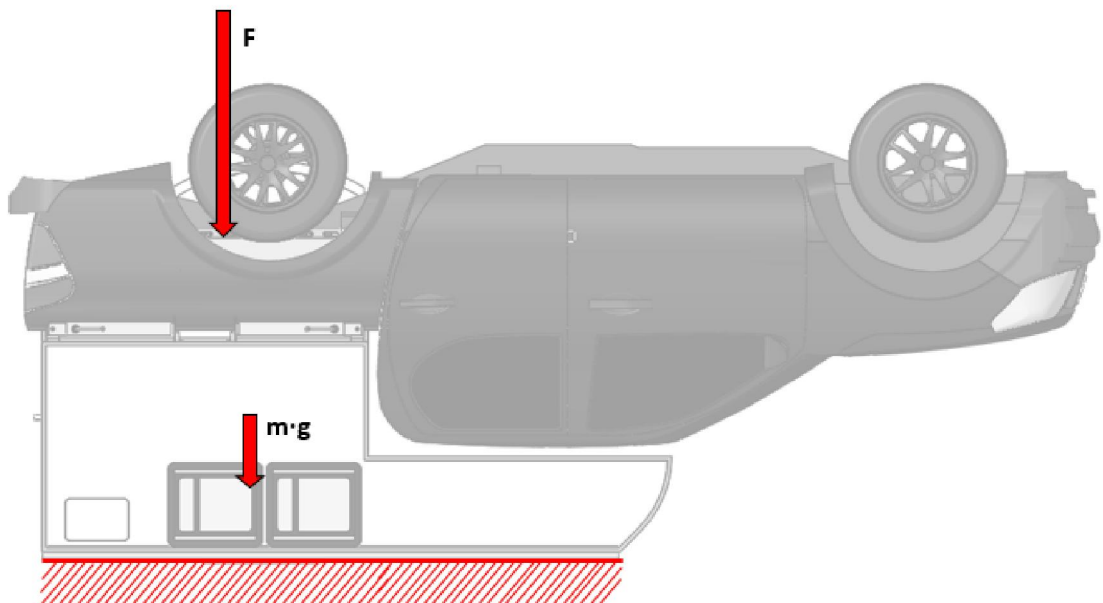


Figura 67. Condiciones de contorno simulación vuelco

7.2. Elementos finitos

El método de los elementos finitos se ha utilizado como técnica numérica para resolver los problemas de índole estructural en nuestro modelo. Para ello se ha dividido la geometría en un número finito de formas simples denominadas elementos.

La metodología a la hora de utilizar este método es la siguiente.

1. Crear o importar la geometría de estudio. En este caso se ha importado la geometría obtenida mediante el programa SolidWorks en extensión “. IGS”.
2. Definir el tipo de elemento y las propiedades del material en cuestión.
3. Dividir el sólido en diferentes elementos (mallado).
4. Aplicar las restricciones al modelo.
5. Generar una solución.
6. Analizar los resultados mediante diferentes gráficos o dibujos.
7. Si se requiere de una mayor precisión es necesario refinar el mallado.
8. Interpretar los resultados obtenidos.

7.2.1. Ventajas e inconvenientes

La simulación numérica dispone de ciertas ventajas respecto a la experimentación.

A nivel empresarial, la utilización de un software basado en elementos finitos permite acortar la etapa de desarrollo de un producto e identificar posibles problemas de diseño antes de fabricar un prototipo real. Esto es así por la velocidad en el registro de datos que se obtienen. Con un cálculo convergido la obtención de datos se puede obtener de una manera inmediata, mientras que utilizando técnicas experimentales se necesita una cantidad enorme de tiempo y esfuerzo para obtener prácticamente los mismos resultados.

Otra ventaja, es que, a la hora de desarrollar un producto, empleando un programa basado en elementos finitos se reduce el número de iteraciones a realizar, mientras que, si se emplea un proceso basado en la fabricación de prototipos físicos, el número de iteraciones suele ser más elevado.

Desgraciadamente toda técnica tiene sus limitaciones. En el caso de los elementos finitos existen dos claras desventajas.

La primera de ellas reside en la capacidad computacional de los microprocesadores que se empleen. Por lo tanto, pese a que se pueden diseñar mallas con millones de nodos para conseguir resultados lo más reales posibles, la rapidez de cálculo se ve gravemente afectada.

El segundo inconveniente, ya introducido durante el problema de la rapidez de cálculo, reside en la exactitud de resultados. Cada modelo al estar dividido en pequeños elementos lo que se hace es estudiar el comportamiento de cada elemento por separado, con lo que se cometen errores.

Finalmente, el trabajo habitual con este tipo de técnicas reside en desarrollar mallas aproximadas a la realidad, asumiendo márgenes de error aceptables que se traduzcan en un tiempo de proceso relativamente pequeño.

7.2.2. Software ANSYS WORKBENCH 14.5

En la actualidad existe una gran variedad de softwares basados en elementos finitos. En este trabajo se ha utilizado el software *ANSYS Workbench* 14.5 para realizar las simulaciones. Dentro del programa se ha optado por escoger el sistema de análisis *Static Structural* (véase figura 67), ya que es el tipo de análisis más adecuado para obtener unos buenos resultados con el tipo de modelo con el que se ha trabajado.

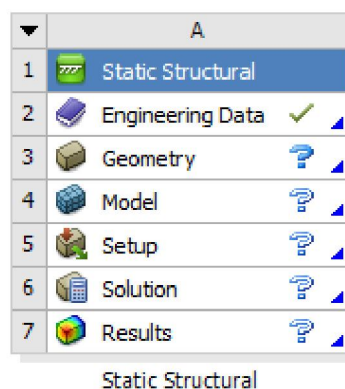


Figura 68. Etapas a seguir en los análisis

ANSYS Workbench divide el proceso de simulación en 5 etapas basadas en la metodología básica (comentada anteriormente) sobre la que trabajan los programas de simulación mediante elementos finitos.

7.3. Simulación de frenada

Para intentar simular la situación de una frenada brusca de la célula se han realizado algunas simplificaciones.

La distribución de masas del interior de la célula, se ha realizado de la siguiente forma:

DISTRIBUCIÓN DE MASAS			
ZONA	PUNTOS DE MASA [Kg]	COORDENADAS	
COCINA	150,00	<input type="checkbox"/> X Coordinate	-1, m
		<input type="checkbox"/> Y Coordinate	0,75 m
		<input type="checkbox"/> Z Coordinate	0,75 m
BAÑO Y DORMITORIO	50,00	<input type="checkbox"/> X Coordinate	-1, m
		<input type="checkbox"/> Y Coordinate	0,75 m
		<input type="checkbox"/> Z Coordinate	-0,75 m
ESTRUCTURA	100,00	<input type="checkbox"/> X Coordinate	-0,26 m
		<input type="checkbox"/> Y Coordinate	0,81 m
		<input type="checkbox"/> Z Coordinate	0, m
TOTAL	300,00		

Tabla 10. Distribución de masas interior célula (Fuente: Elaboración propia)

Estas masas puntuales se han colocado de forma que afectan al total de la geometría. Al realizarse el análisis con Workbench el comportamiento de estas masas no es el más real.

Para obtener unos resultados más acordes a la realidad, se debería de haber utilizado el software ANSYS APDL Launcher, ya que ofrece un extenso abanico de opciones para establecer relaciones entre las masas y sus zonas de influencia.

Pese a ello las condiciones de contorno utilizadas han sido las siguientes:

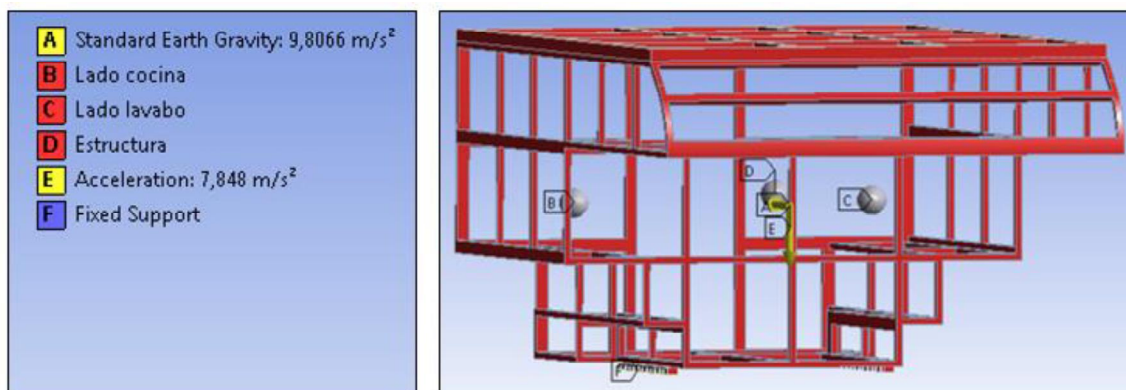


Figura 69. Condiciones de contorno simulación frenada (Fuente: Ansys Workbench)

7.3.1. Análisis de resultados

Después del reparto de masas y aplicar las condiciones de contorno, llega el momento de realizar la simulación.

Antes de analizar las tensiones obtenidas, hay que tener en cuenta que las tensiones que aparezcan en la estructura deben de ser inferiores a la tensión de límite elástico del material (210 MPa) para que las deformaciones que se produzcan sean reversibles y no se llegue a deformaciones plásticas.

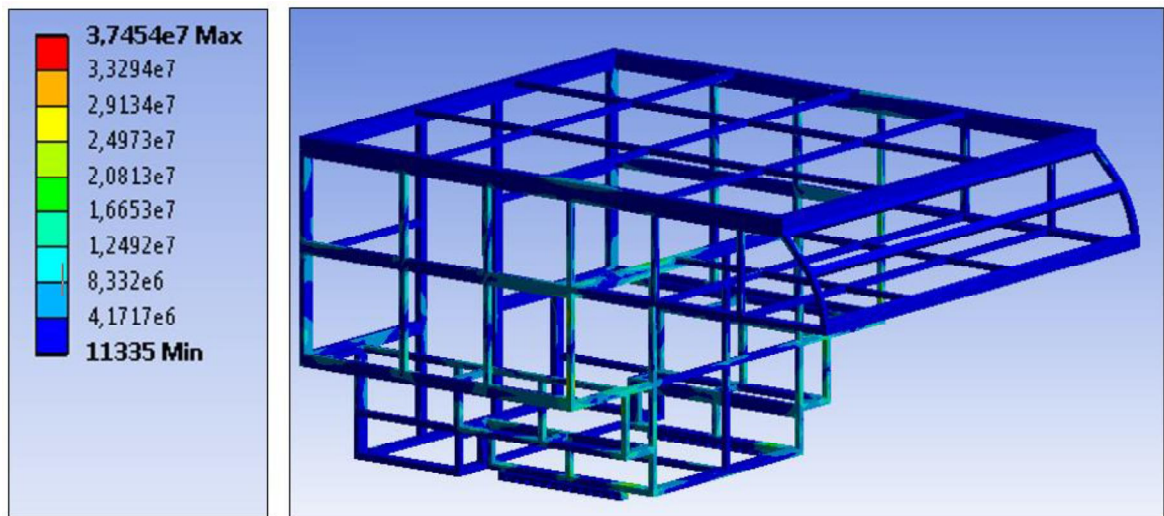


Figura 70. Representación de las tensiones provocadas por la frenada (Fuente: Ansys Workbench)

Como se puede observar en la figura 71, dejando de lado las zonas puntuales, se observan ligeras concentraciones de tensiones en algunas uniones de la zona más cercana a la cabina de la pick up.

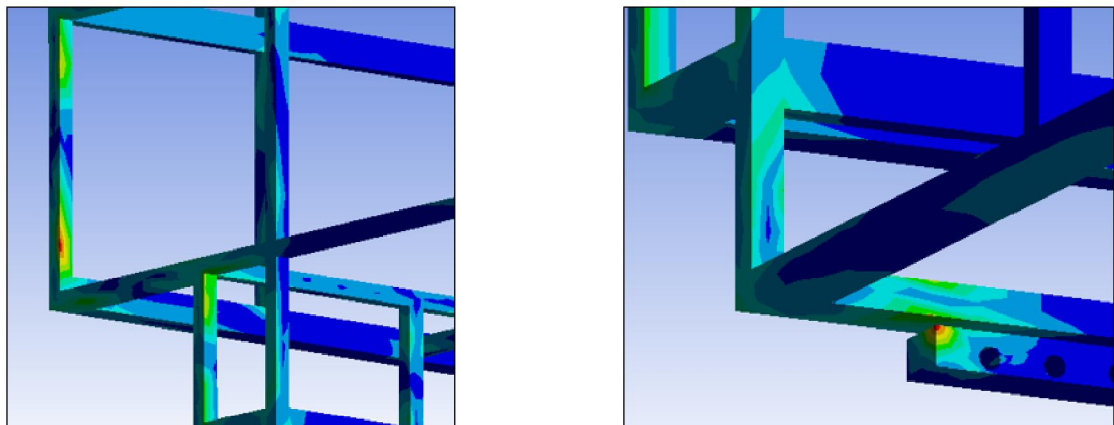


Figura 71. Tensiones zona lado de cabina (izquierda) y zona de anclaje célula-pick up (derecha) (Fuente: Ansys Workbench)

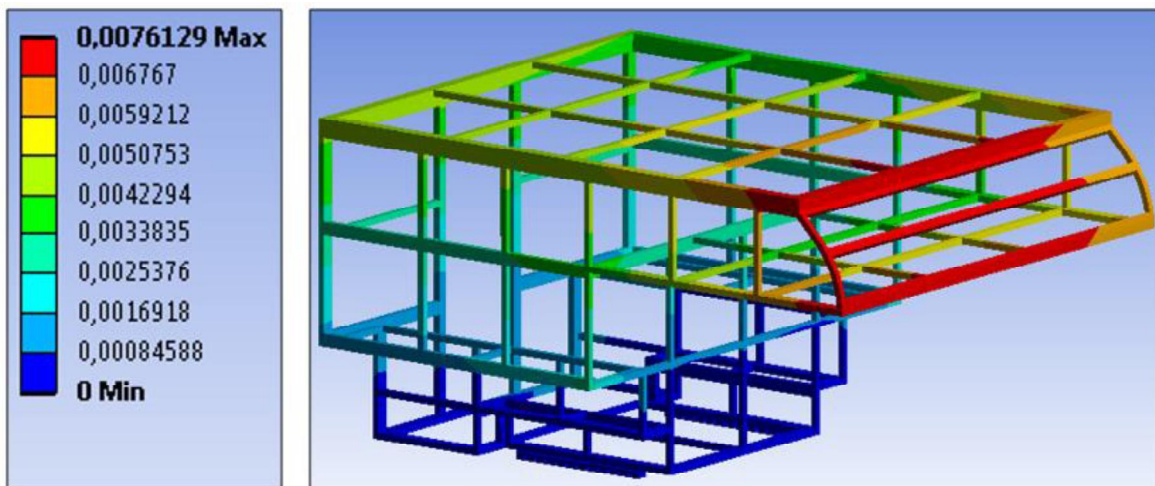
El valor de todas estas tensiones es inferior al límite elástico del Aluminio 6063 utilizado en la estructura de la célula, por lo tanto, estas tensiones no provocan ningún peligro para la integridad de la estructura ya que no provocan deformaciones irreversibles.

Teniendo en cuenta estos resultados se ha calculado el factor de seguridad de la estructura.

$$FS = \frac{\sigma_e}{\sigma_{adm}} = \frac{245 \text{ MPa}}{37 \text{ MPa}} = 6,62$$

Por lo que se observa, se obtiene un factor de seguridad muy conservador, garantizando una estructura capaz de soportar las sollicitaciones necesarias con garantías.

Respecto al análisis de deformaciones los resultados son los siguientes:



*Figura 72. Representación de las deformaciones provocadas por la frenada
(Fuente: Ansys Workbench)*

Analizando la figura 72, se observa como la zona de voladizo de la célula sufre las máximas deformaciones, en este caso 7mm. Esta zona no tiene ninguna sujeción por lo tanto queda un tanto desprotegida respecto a frenazos o situaciones de uso similares.

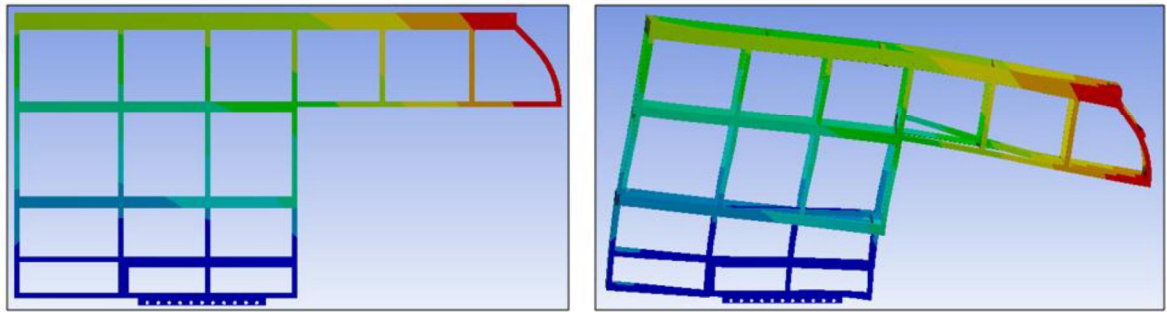


Figura 73. Representación ampliada de la deformación sufrida (Fuente: Ansys Workbench)

En la figura 73, se ha exagerado la deformación sufrida por la estructura para llegar a observar el movimiento que sufre la célula durante la sollicitación. A parte del voladizo de la estructura, también se observa una ligera tendencia a levantarse por la parte inferior trasera. Esto puede ser debido a que la célula está fijada únicamente por una zona, por lo que para evitar este levantamiento de la zona trasera se debería de añadir algún sistema de fijación extra.

Para intentar corregir la deformación del voladizo y mantener un ángulo recto entre la zona de la estructura contigua a la cabina y la zona del dormitorio, sería necesario reforzar la estructura.

Es por ello que se ha incorporado un refuerzo en diagonal en la estructura, quedando de la siguiente forma.

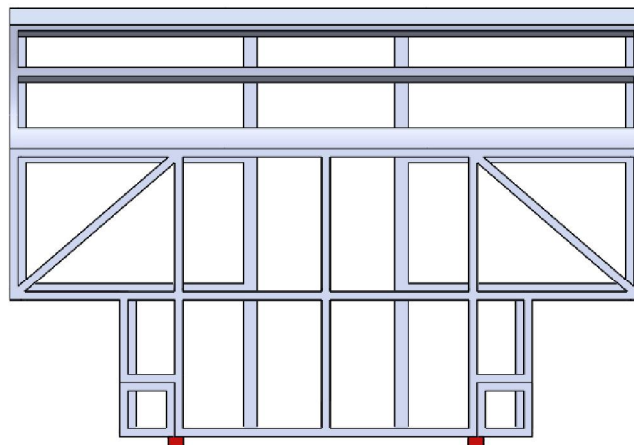
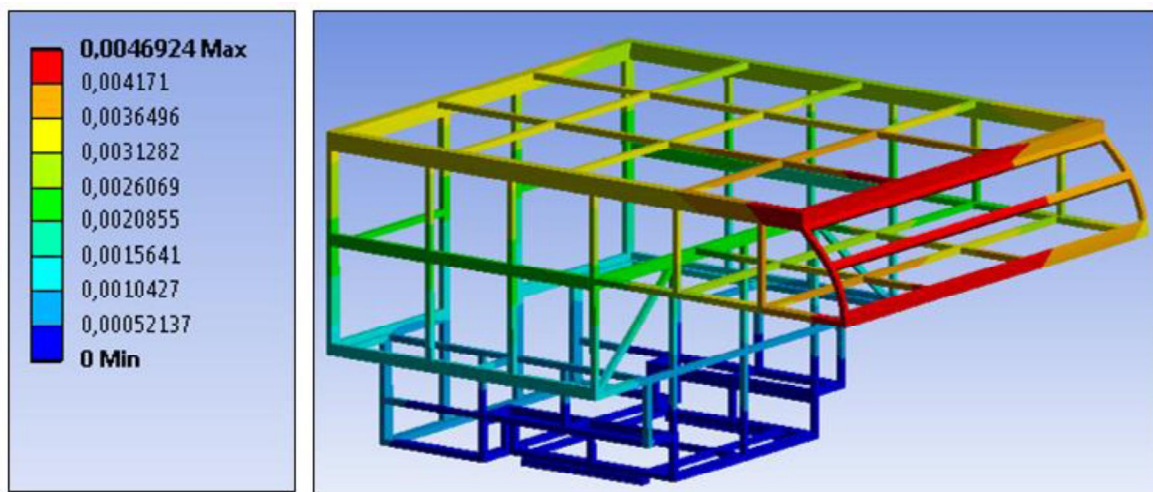


Figura 74. Refuerzos en la zona de la estructura contigua a la cabina (Fuente: SolidWorks)

De esta forma se ha reducido un poco el balanceo hacia delante del voladizo de la estructura, pasando a una deformación máxima de 4mm en lugar de 7mm.



*Figura 75. Representación de las deformaciones provocadas por la frenada con la mejora aplicada
(Fuente: Ansys Workbench)*

7.4. Simulación de vuelco

Para realizar la simulación de la situación de vuelco se ha considerado una masa del pick up de aproximadamente 1800 Kg.

Respecto a la distribución de masas del interior de la célula, se ha seguido la misma metodología empleada en la simulación del análisis de la frenada. Se han repartido 3 masas puntuales actuando en el interior de la estructura.

Teniendo en cuenta todas estas hipótesis se ha realizado la simulación.

7.4.1. Análisis de resultados

Por lo que respecta a las tensiones, en la figura 76 se pueden observar los resultados obtenidos.

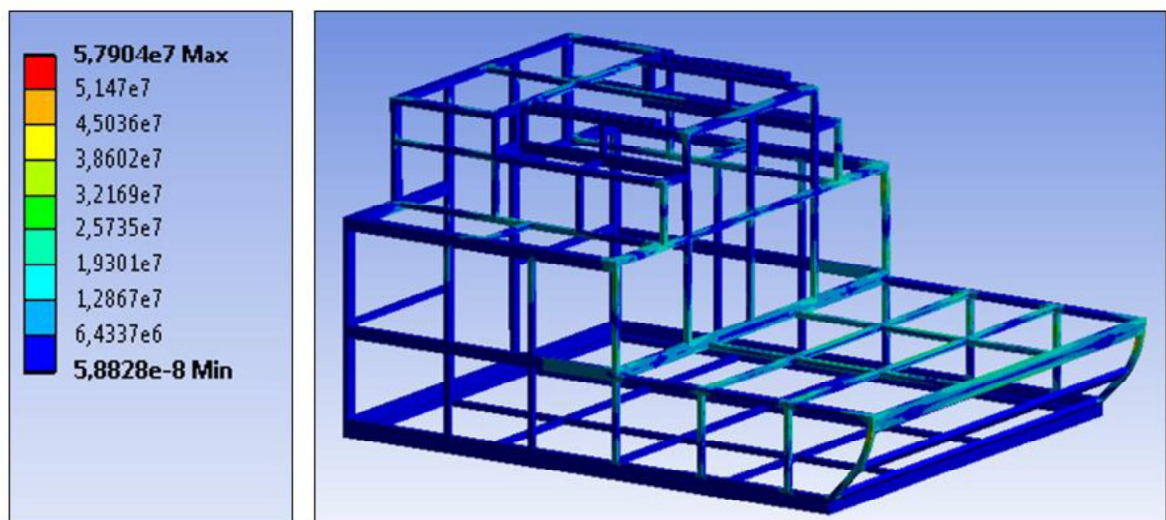


Figura 76 Representación de las tensiones provocadas por el vuelco (Fuente: Ansys Workbench)

De la figura 76 se puede extraer que las tensiones se concentran mayoritariamente en la zona del voladizo donde recae toda la masa de la cabina del pick up. Las tensiones obtenidas no representan ningún riesgo de deformación plástica ya que en todos los casos son inferiores al límite elástico del material. Por lo tanto, la resistencia estructural está garantizada.

A continuación, se muestran algunas de las zonas más afectadas por las tensiones.

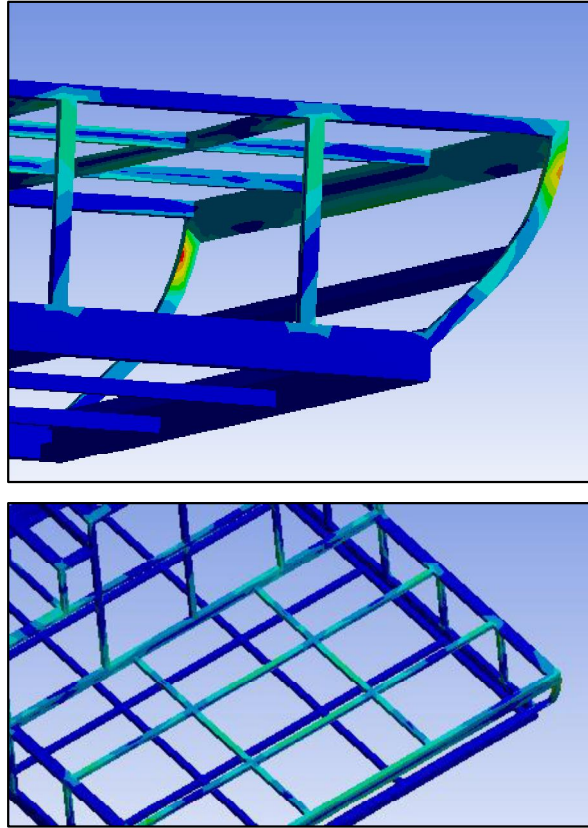


Figura 77. Zonas más afectadas por las tensiones (Fuente: Ansys Workbench)

La zona más afectada por las tensiones, es la zona del voladizo de la célula. Esta zona soporta toda la masa de la cabina de la pick up. En la parte delantera del voladizo se encuentran las tensiones más grandes, debido en parte, a la curvatura que tiene la estructura para hacerla más aerodinámica en condiciones de transporte.

Teniendo en cuenta estos resultados se ha calculado el factor de seguridad de la estructura.

$$FS = \frac{\sigma_e}{\sigma_{adm}} = \frac{245 \text{ MPa}}{57 \text{ MPa}} = 4,29$$

Analizando el resultado obtenido, pese a no ser tan elevado como en la situación de la frenada brusca, es un resultado más que aceptable de cara a la integridad de la estructura en situación de vuelco estático.

Para profundizar más sobre estos resultados podría ser conveniente realizar un estudio de pandeo sobre el “pilar” más desfavorable de la estructura. En este trabajo no se ha realizado dicho estudio por el hecho de que se ha considerado que la optimización de la estructura debe hacerse cuando se lleva a cabo el diseño físicamente.

En relación al análisis de las deformaciones, los resultados obtenidos son los siguientes:

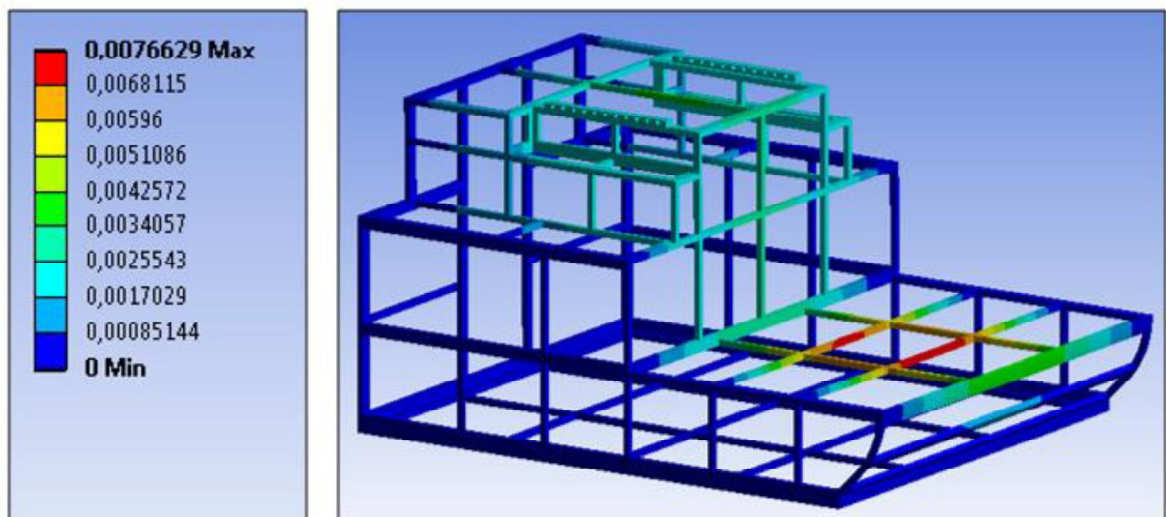


Figura 78 Representación de las deformaciones provocadas por el vuelco (Fuente: Ansys Workbench)

De igual forma que en las tensiones, la zona más afectada se concentra en la zona del dormitorio. En este caso se ha obtenido una deformación máxima en el centro del voladizo de aproximadamente 7mm. Hay que tener en cuenta que en la estructura faltan elementos como pueden ser los paneles aislantes y demás recubrimientos que pueden reforzar la rigidez de la estructura.

Estos resultados se consideran aceptables dado que no se observan puntos susceptibles de ruptura que condicionen la integridad de la estructura.

El caso de un hipotético vuelco de la estructura supondría el peor escenario posible dentro de las condiciones de uso de la célula. Esta situación se daría en el caso de estar circulando con el vehículo, estando la célula en situación de transporte y sin ningún ocupante en el interior, por lo tanto, la integridad de los ocupantes estaría bajo la responsabilidad de los sistemas de seguridad que integra la base mecánica.

7.5. Posibles mejoras a realizar en el diseño

Hay que tener en cuenta que el diseño de este tipo de células puede sufrir muchas mejoras dado la versatilidad que ofrecen. Pese a esto, se considera que el diseño realizado es óptimo y podría llevarse a cabo en la realidad sin ningún tipo de problema.

Teniendo en cuenta lo comentado, se considera que se podrían realizar algunas mejoras en el diseño.

1. Reforzar la estructura para evitar el balanceo del voladizo de la célula.

Este punto se ha comentado durante el análisis de la simulación de la frenada brusca. Una posible solución útil sería añadir barras en diagonal en las zonas más delicadas con el fin de dotar de una rigidez extra a la estructura.

2. Incorporar un sistema de fijación extra en la zona trasera de la célula.

La célula tiende a levantarse por la zona trasera. Esto es debido a que el sistema de fijación se encuentra en una zona muy cercana a la cabina de la pick up, por lo que al producirse un frenazo brusco de la pick up, se genera un momento que eleva la zona trasera. Para solucionar este problema de diseño sería conveniente instalar dos tensores de amarre en la zona trasera.

3. Utilizar materiales ignífugos en la fabricación de la célula.

Durante la selección de algunos materiales de fabricación, más concretamente, durante la selección de los paneles aislantes, se ha dado prioridad a las propiedades de aislamiento del material respecto al comportamiento con el fuego. En los paneles verticales de la célula se ha utilizado poliestireno extrusionado (XPS), material que no cumple con la normativa europea referente a materiales ignífugos y resistentes al fuego (14/05/2004. 2281). Una posible mejora podría ser utilizar materiales ignífugos en la fabricación de la célula.

4. Diseño exterior con ángulos más suavizados.

Dado que una célula vivienda es una estructura muy voluminosa y que sobresale de los límites del vehículo, una posible mejora podría ser intentar diseñar una célula con los bordes redondeados. Esta característica podría ser de gran utilidad a la hora de no sufrir impactos indeseados con elementos externos.

8. PRESUPUESTO

El presupuesto global de este proyecto se puede desglosar en recursos humanos (tanto del autor como del tutor encargado de guiar el proyecto) y en gastos materiales referentes a los recursos utilizados durante la realización del proyecto.

8.1. Coste de los recursos humanos

Teniendo en cuenta que la duración del proyecto ha sido de alrededor de 6 meses y medio, la tabla siguiente contabiliza los siguientes recursos.

COSTE RECURSOS HUMANOS			
PERSONAL	UNIDADES [H]	PRECIO [€/H]	COSTE [€]
Ingeniero junior	360	20,00	7.200,00
Gastos S.S (7%)			504,00
Ingeniero sénior	30	60,00	1.800,00
Gastos S.S (33%)			594,00
TOTAL			10.098,00

Tabla 11. Coste de los recursos humanos del trabajo (Fuente: Elaboración propia)

En este desglose no se ha tenido en cuenta la normativa vigente, Orden FOM/1824/2013 del 30 de septiembre, que determina el Presupuesto de Ejecución por Contrato (PEC).

Según el artículo del Reglamento General de la Ley de Contratos de las Administraciones públicas, el presupuesto base de licitación de los contratos se obtiene incrementando el PEM un 13% y un 6% en los conceptos de gastos generales y beneficio industrial del contratista respectivamente.

Hace falta comentar que el término de gastos generales hace referencia a aquello no calculable con exactitud pero que se atribuye al proyecto, entre los cuales aparece el uso de las instalaciones, dietas o transporte.

8.2. Coste de los recursos materiales

En este apartado se ha calculado el precio de todos los elementos utilizados durante el transcurso del proyecto.

COSTE DE LOS RECURSOS MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	COSTE INICIAL [€]	VIDA ÚTIL [AÑOS]	AMORTIZACIÓN ANUAL [€/AÑO]	UNIDADES [AÑOS]	AMORTIZACIÓN ACUMULADA [€]
Hardware					205,00
Ordenador portátil	1.000,00	4,00	250,00	0,50	125,00
Material de Oficina					30,00
Impresión					50,00
Software					3.764,88
Licencia educacional Ansys 14.5	24.000,00	4,00	6.000,00	0,50	3.000,00
Licencia Office 2016	119,00	4,00	29,75	0,50	14,88
Licencia SolidWorks 2016	6.000,00	4,00	1.500,00	0,50	750,00
TOTAL					3.969,88

Tabla 12. Coste de los recursos materiales del trabajo (Fuente: Elaboración propia)

8.3. Coste global del proyecto

Teniendo en cuenta los anteriores presupuestos y menospreciando los costes referentes al presupuesto de ejecución material (PEM) y presupuesto de ejecución por contrato (PEC), el coste global del proyecto asciende a 14.067,88 €.

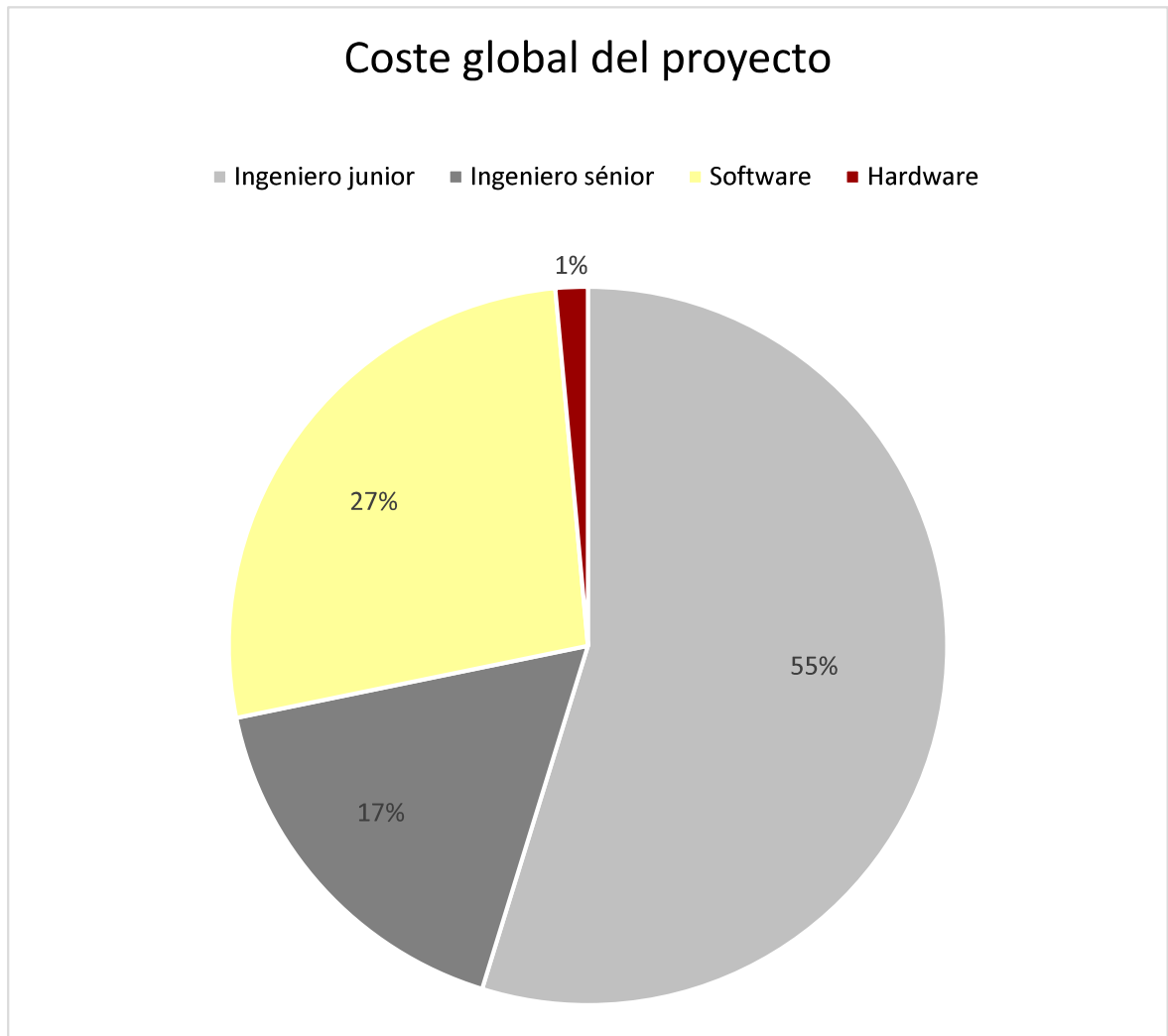


Gráfico 1. Coste global del proyecto (Fuente: Elaboración propia)

9. PLANIFICACIÓN DEL TRABAJO

La planificación de este trabajo se ha visto marcada por el seguimiento y supervisión del proyecto mediante reuniones con el director cada 14 días aproximadamente. Estas reuniones han sido de gran utilidad a la hora de orientar y definir las etapas que componen este trabajo. En la siguiente tabla se puede observar la duración de las tareas más relevantes del proyecto.

FASE	TAREA	DESCRIPCIÓN	FECHA DE INICIO	FECHA FINAL	DURACIÓN [días]
Estado del arte	Tarea 1	Tipos de vivienda sobre ruedas	01/02/2018	14/02/2018	13
	Tarea 2	Normativa aplicable	01/02/2018	20/02/2018	19
	Tarea 3	Marcas y fabricantes	10/02/2018	14/02/2018	4
	Tarea 4	Sistemas de fabricación y materiales	14/02/2018	27/02/2018	13
	Tarea 5	Sistemas de anclaje célula - pick up	25/02/2018	17/04/2018	51
Diseño de la célula	Tarea 6	Especificaciones previas al diseño	25/02/2018	01/03/2018	4
	Tarea 7	Consideraciones previas al diseño	25/02/2018	07/03/2018	10
	Tarea 8	Diseño de la geometría	07/03/2018	28/03/2018	10
	Tarea 9	Diseño elementos interiores	14/03/2018	14/05/2018	61
	Tarea 10	Diseño sistema de acople desacople de la célula	25/04/2018	02/06/2018	38
Diseño de instalaciones	Tarea11	Instalación eléctrica	25/04/2018	24/06/2018	60
	Tarea12	Instalación de gas	09/05/2018	15/05/2018	6
	Tarea13	Instalación de agua	09/05/2018	15/05/2018	6
Estudio de la rigidez y resistencia	Tarea14	Simulación de frenada brusca	20/06/2018	04/07/2018	14
	Tarea15	Simulación de vuelco	20/06/2018	04/07/2018	14
Redactar memoria	Tarea16	Unificar todo el contenido	25/06/2018	02/08/2018	38

Tabla 13. Planificación del trabajo

Como se puede observar, la entrega y presentación del trabajo se ha visto condicionada principalmente por el diseño del nuevo sistema de acople y desacople de la célula. Por otro lado, la realización del esquema de la instalación eléctrica se ha ido demorando en el tiempo a causa del desconocimiento y la continua variación de elementos de equipamiento.

A continuación, se puede observar la planificación seguida en este trabajo mediante un diagrama de Gantt.

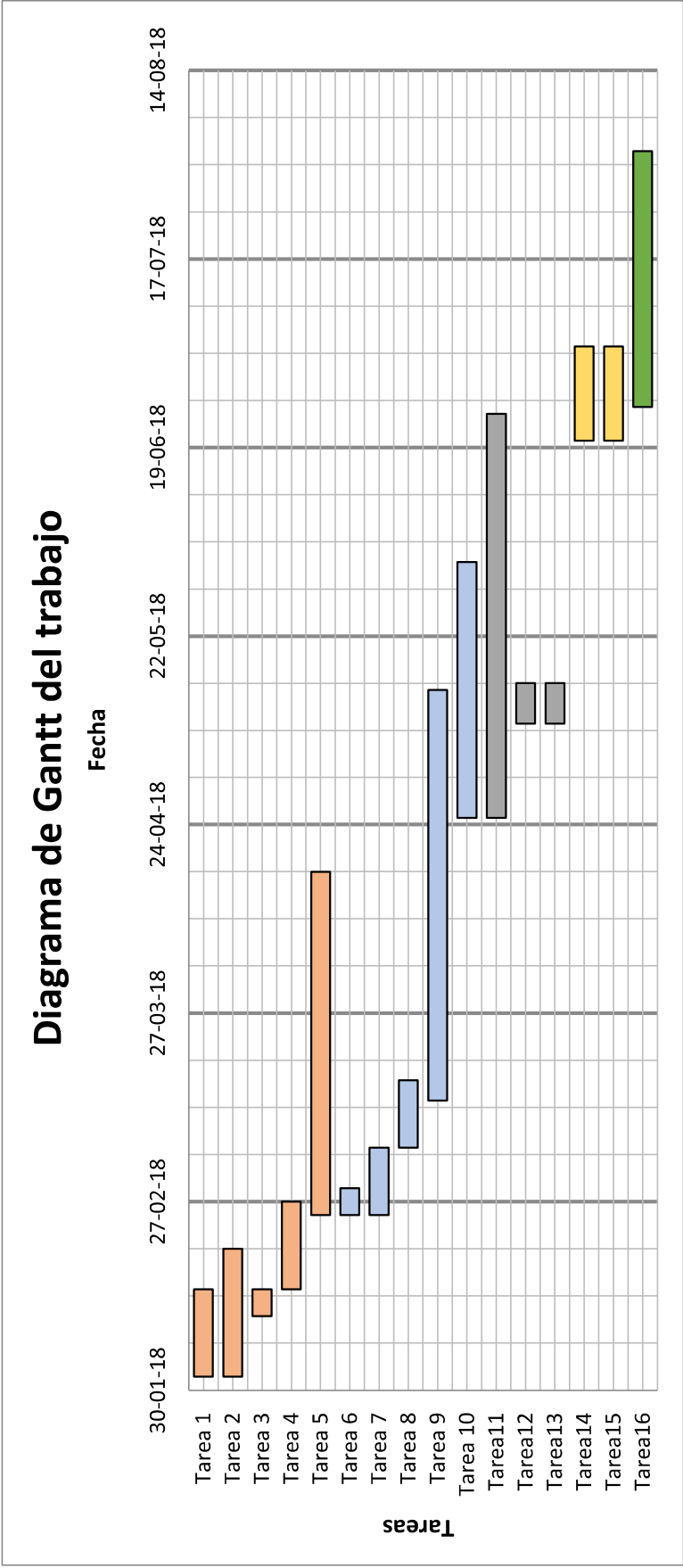


Diagrama 1. Diagrama de Gantt del trabajo

10. IMPACTO AMBIENTAL

Dado que el proyecto ha sido orientado desde un punto de vista teórico, se puede considerar que el impacto medioambiental causado por la realización de este proyecto, es prácticamente nulo.

Las principales actuaciones que han podido afectar sobre el medioambiente son:

- Una de las etapas a tener en cuenta el aspecto medioambiental sería la de la fabricación de la célula vivienda. En el caso de que este proyecto se llevara a cabo, una de las premisas fundamentales sería la utilización de materiales reciclables como el aluminio. Ninguno de los componentes o accesorios serían fabricados con materiales que contengan metales pesados. Por lo tanto, todos los elementos utilizados para el ensamblaje de la célula serían materiales marcados para tener un fácil reciclaje.
- La necesidad de electricidad para la realización del proyecto mediante ordenador, la cual cosa, permite también una búsqueda más fácil, rápida y efectiva de información, ahorrando la necesidad de copias impresas.
- La obligatoriedad de entregar copias del proyecto impreso y copias en CD, implican un impacto, que actualmente se considera innecesario, dado que con la tecnología actual se podría realizar todo el intercambio de información electrónicamente, evitando así el consumo de papel y CD's.

Conclusiones

Las conclusiones que se pueden extraer de este trabajo basado en el diseño de célula vivienda ligera móvil para pick up, pueden hacer referencia a diferentes aspectos.

A nivel personal, la conclusión más importante en la realización de este trabajo, no es otra que el haber podido profundizar en un tema que desconocía y que considero que está en crecimiento. A lo largo de la carrera y del máster, se han realizado diferentes asignaturas en las cuales se ha enseñado al alumnado a utilizar los diferentes conocimientos adquiridos para realizar proyectos de ingeniería. Desde como documentarse, como seguir y planificar cada etapa, como analizar el problema de estudio, hasta recopilar toda la documentación que encuadra un proyecto. Sin embargo, en la mayoría de casos no deja de ser eso. Proyectar desde un punto de vista teórico, entendiendo como teóricos todos los cálculos realizados, todos los conocimientos impartidos, pero con la imposibilidad que representa no poder contrastar la validez de los cálculos mediante la fabricación de un prototipo o modelo real.

Durante los últimos años en el mundo laboral, en muchas ocasiones se ha echado en falta cierta creatividad para solventar problemas más allá de la pantalla de un ordenador. La elaboración de ese prototipo habría sido de gran utilidad para afrontar la verdadera complejidad que supone la ingeniería cuando se aplica al mundo real. En la realidad no solo se trata de cuadrar una hoja de cálculo, hay que hacer frente a otros problemas que también forman parte del mundo de la ingeniería. Como reflexión queda, que esta parte de la ingeniería se debe de ir asimilando a partir de la experiencia.

Respecto al trabajo, considero que el objetivo principal del proyecto se ha cumplido satisfactoriamente. Se ha realizado un diseño teórico, válido para empezar a producirse y comercializarse.

Pienso que el principal escollo que me he encontrado en la realización de este trabajo ha sido cumplir todos los requisitos marcados al inicio del proyecto. Realizar un diseño compatible con un gran número de vehículos, disponer del máximo equipamiento posible, evitar entrar en homologaciones tediosas o crear un nuevo sistema de anclaje sin tener ninguna referencia han sido algunos de los puntos más críticos de este proyecto. Hay que destacar que muchos aspectos del proyecto se han comentado de una manera superficial por el hecho de que, en este trabajo, el objetivo principal ha sido lograr una noción general de diferentes campos de una ingeniería multidisciplinar sin entrar en detalle en concreto en ningún punto. Se entiende que pese a ser un diseño válido, debe de ser corroborado por especialistas de cada campo (materiales, estructuras, electricidad, etc.).

Finalmente, como reflexión, se ha echado en falta más trabajo en materia de cálculos ya que gran parte de este trabajo ha recaído en el diseño de la parte mecánica. De todas formas, es un aspecto que puede ser abarcado en posteriores estudios. Durante el trabajo se han contemplado distintos análisis que pueden hacerse, ya sea para mejorar el producto o para obtener unos resultados más fiables.

Por último, comentar que la realización de este trabajo, ha representado una experiencia muy gratificante a la par que didáctica.

Agradecimientos

Emilio Angulo, encargado de guiar y supervisar el proyecto desde su inicio, por los conocimientos aportados a mi persona y por su predisposición en todo momento.

A mi hermano Pablo por la experiencia en el mundo de las furgonetas *camper*, ya que con su ayuda ha sido más fácil asimilar pequeños conceptos referentes al diseño y equipamiento de la célula.

Por último, agradecer también a mis padres por el apoyo constante durante el transcurso de la carrera y el máster y en especial durante la realización de este trabajo.

Bibliografía

Referencias bibliográficas

- [1] FONT, José, *Tratado sobre automóviles*, U.P.U.
- [2] PAZ, Arias, *Manual de automóviles*, CIE inversiones edit. Dossat 2000.
- [3] Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, *Manual de Reformas de Vehículos*.
- [4] Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, *Manual de Procedimientos de Inspección de las Estaciones ITV*.
- [5] HUEI-HUANG LEE, *Finite Element Simulations with ANSYS 15*. SDC, capítulo 12.

Bibliografía complementaria

Webs

- [6] Tipos de vehículos *camper*
<https://www.onroadmagazine.com/mundo-overland/>
- [7] Consejos para la elección de un vehículo *camper*
<http://www.puyehuetravel.com/2017/09/15/campers-y-celulas-consejos-para-una-buena-eleccion/>
- [8] Fabricación de células vivienda de madera
<http://www.truckcamperadventure.com/2017/02/why-wood-frame-construction/>
- [9] Sistemas de fabricación de células
https://www.northern-lite.com/truck_camper_construction.php
- [10] Instalaciones
<https://www.etrailer.com/faq-install-camper.aspx>
- [11] Medidas pick ups
<https://www.medidasdecoches.com/vehiculos-pick-up.php>
- [12] Chasis pick ups
<https://www.motoryracing.com/coches/noticias/chasis-automotriz-y-su-evolucion/>